

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

GEANDRÉ CARLOS BONI

**ECOCARÁTERES E PROCESSOS
SEDIMENTARES NA PLATAFORMA
CONTINENTAL ADJACENTE À
DESEMBOCADURA DO RIO DOCE (ES)**

VITÓRIA

2014

GEANDRÉ CARLOS BONI

**ECOCARÁTERES E PROCESSOS
SEDIMENTARES NA PLATAFORMA
CONTINENTAL ADJACENTE À
DESEMBOCADURA DO RIO DOCE (ES)**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Oceanografia Ambiental da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em
Oceanografia Ambiental.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Valéria
da Silva Quaresma

VITÓRIA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B715e Boni, Geandré Carlos, 1985-
Ecocaráteres e processos sedimentares na plataforma
continental adjacente à desembocadura do rio Doce (ES) /
Geandré Carlos Boni. – 2014.
57 f. : il.

Orientador: Valéria da Silva Quaresma.
Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Humanas e Naturais.

1. Sedimentação e depósitos. 2. Plataforma continental. 3.
Estatística. 4. Doce, Rio, Delta (MG e ES). 5. Ecocaráteres. I.
Quaresma, Valéria da Silva. II. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 55



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAPHIA
AMBIENTAL

**"ECOCARÁTERES E PROCESSOS SEDIMENTARES NA
PLATAFORMA CONTINENTAL ADJACENTE À
DESEMBOCADURA DO RIO DOCE (ES)"**

Geandré Carlos Boni

Profa. Dra. Valéria da Silva Quaresma
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora - Examinador Interno UFES

Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno UFES

Prof. Dr. Arthur Ayres Neto
Universidade Federal Fluminense
Examinador Externo UFF

Vitória, 13 de março de 2014.

Aos meus avós paternos José Boni e Gilsa Matos Subtil Boni
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À FAPES e à CAPES pelos suportes financeiros para os trabalhos de campo; e pelo fornecimento da minha bolsa de mestrado por esta última instituição.

À UFES pela estrutura física, pelos serviços prestados e pelos ensinamentos de seus professores..

Um agradecimento especial ao casal de professores Dr. Alex Cardoso Bastos e Dr^a. Valéria da Silva Quaresma pelos ensinamentos e conselhos, tanto no âmbito profissional, quanto pessoal. Foram muitos anos de trocas de experiências e aprendizados. Sou muito grato por acreditarem no meu potencial e confiarem no meu trabalho.

Aos professores Dr. Gilberto Fonseca Barroso e Dr. Arthur Ayres Neto por aceitarem o nosso convite e participarem de minha banca avaliadora. Sou muito grato pelos seus conselhos e ensinamentos.

À minha maior incentivadora e meu porto seguro: Poly. Sou eternamente grato à Deus por ter lhe encontrado. Te amo neném!

Aos meus pais Odilson e Alaci, e às minhas irmãs Gisele e Giovana pelos incentivos incondicionais e pela compreensão durante os momentos de ausência e apoio nos mais difíceis. Amo vocês!

Aos meus colegas do PPGOAm, em especial aos seres labogélicos: Dani, Evaristo (vulgo Ivan), Flávia, Giseli, Geórgia, Kyssy, Laurinha, Leiloca, MD (sem comentários), Pedrada, Renata, Ricardo, Silvinha, Tarci e Tetê.

Aos queridos cavalheiros e damas da Escola de Dança de Salão Djavan Ferreira, fundamental para a minha a saúde física e mental durante esse processo.

À todos que também foram fundamentais nessa minha jornada.

À Deus, responsável por tudo, meus eternos agradecimentos.

RESUMO

A plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Doce, ambiente relativamente preservado e possivelmente sujeito a alterações e/ou intervenções antrópicas futuras, foi estudada quanto aos seus ecocaráteres e processos sedimentares associados. Dados de alta resolução de um perfilador de subfundo (3,5 KHz) foram coletados ao longo de 400 Km. Análises granulométrica e de porcentagem de Carbonato de Cálcio foram feitas em amostras de sedimentos superficiais, e os resultados submetidos às análises estatísticas de agrupamento e ACP. Foi observada boa correlação entre os cinco grupos sedimentares e ecocaráteres. O ecocaráter A1 (sem penetração) esteve restrito às regiões profundas (35-80 m.) indicando domínios sedimentares marinhos, associados à sedimentação biogênica (fundo arenoso a areno-cascalho-lamoso). Uma região transicional/marinha (25-35 m. & 55-80 m.), com processos sedimentares mistos (arenoso), foi indicada pelo ecocaráter A2 (refletores indefinidos). O ecocaráter B (vários refletores definidos, paralelos entre si e ao fundo marinho) esteve associado a elevados níveis de consolidação dos sedimentos (arenoso lamo-cascalhoso), refletindo domínios fluviais/costeiros relacionados a condições ambientais extremas (alta vazão com ventos alísios N/NE fortes e constantes). Os ecocaráteres C1 e C2 (camadas semitransparentes com resoluções distintas) distribuíram-se pelas regiões com o mesmo domínio sedimentar (mas entre 10 e 30 m.), em depósitos lamo-arenosos a areno lamosos. Sedimentação terrígena regular (aporte constante e menor consolidação dos sedimentos) foi associada ao ecocaráter C2 (mais raso e próximo à desembocadura). O ecocaráter C1 indicou sedimentação terrígena irregular e maiores consolidações de sedimentos, estando associado à atuação de frentes frias, por exemplo.

Palavras-chaves: processos sedimentares; ecocaráteres; plataforma continental adjacente ao rio Doce; perfilador de subfundo; estatística multivariada.

ABSTRACT

The continental shelf close to the Doce river mouth, environment relatively preserved and possibly subject to future changes and/or anthropogenic interventions, was studied about its echo-characters and sedimentary processes associated. High resolution data from sub-bottom profiling (3.5 KHz) were collected along 400 Km. Particle size and content of Calcium Carbonate were obtained of superficial sediments samples, and the results submitted to clustering and ACP statistical analyses. Good correlation was observed between the five sedimentary clusters and echo-characters. The echo-character A1 (penetration absent) were been restricted to deepest regions (35-80 m.) indicating marine sedimentary domains, associated to biogenic sedimentation (sandy to muddy-gravelly-sandy bottom). A transitional/marine region (25-35 & 55-80 m.), with mixed sedimentary processes (sandy bottom), was indicated by the echo-character A2 (indistinct reflectors). The echo-character B (many distinct, parallel to each other and to the seabed reflectors) were been associated to higher levels of sediments consolidation (gravelly-muddy sandy bottom), reflecting riverine/coastal domains related to extremely environmental conditions (high river discharge with strong and constant N/NE trade winds). The echo-characters C1 and C2 (semitransparent layers with different resolutions) were distributed by the same sedimentary domain (but between 10 and 30 m.), in sandy-muddy to muddy-sandy deposits. Regular terrigenous sedimentation (constant supply and lower sediments consolidation) was associated to the echo-character C2 (shallowest and closest to the river mouth). The echo-character C1 indicated irregular terrigenous sedimentation and higher sediments consolidations, being associated to the action of cold fronts, for example.

Key-words: sedimentary processes; echo-characters; continental shelf close to the Doce river mouth; sub-bottom profiler; multivariate statistics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrições e exemplos dos ecocaráteres encontrados na área de estudo..	22
Tabela 2: Os quatro principais autovetores da <i>ACP</i> . A porcentagem remete à abrangência do autovetor em termos de variabilidade dos dados, e o autovalor pode ser entendido como uma quantificação dessa variação.	26
Tabela 3: Quantificação da importância das nove variáveis analisadas na formação dos autovetores (componentes principais). Os valores destacados remetem as variáveis mais importantes em cada eixo, representando um comportamento semelhante (azul) ou contrário (vermelho), indicado pelo sinal.	26
Tabela 4: Matriz de similaridade entre as nove variáveis analisadas pela <i>ACP</i> . Valores em negrito expressam as relações mais significativas. DME - Diâmetro Médio. GSE - Grau de Seleção. ASS – Assimetria. CUR – Curtose. CAS – Cascalho. ARE – Areia. LAM – Lama. CAC – CaCO ₃ . PRO - Profundidade.	27
Tabela 5: Médias, desvios padrões, mínimos e máximos relativos à densidade superficial (g/cm ³) das amostras de sedimentos associadas a cada ecocaráter.	32
Tabela 6: Domínios e processos sedimentares associados aos ecocaráteres. DSM – Densidade Superficial Média.....	39
Tabela 7: Domínios e processos sedimentares associados aos ecocaráteres. DSM – Densidade Superficial Média.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Doce (Espírito Santo - destacado em vermelho) com a malha amostral de coleta de dados sísmicos 3,5 KHz (linhas em laranja) e de sedimentos superficiais (amostras com (●), sem (■) e com apenas(▲) dados de densidade superficial disponíveis).....	15
Figura 2: Distribuição espacial dos ecocaráteres ao longo da área de estudo.	23
Figura 3: Dendrograma obtido pela análise de agrupamento via método de Ward, ou "Minimium variance". Classificação das 100 amostras sedimentares considerando as nove variáveis analisadas. A formação dos grupos sedimentares (retângulos vermelhos) é representada na forma de um dendrograma, assumindo um nível de corte igual a 40 unidades de distâncias Euclidianas elevadas ao quadrado (traço vertical azul).	25
Figura 4: Relações entre as nove variáveis analisadas e os componentes principais mais abrangentes (Eixos 1 e 2).	28
Figura 5: Relação entre as amostras (previamente classificadas pela análise de agrupamento) e os Componentes Principais 1 e 2.....	29
Figura 6: Porcentagem de amostras em cada grupo sedimentar, classificadas quanto ao diâmetro médio e ao grau de seleção.	33
Figura 7: Sobreposição dos cinco ecocaráteres (<i>A1 – Verde</i> ; <i>A2 – Vermelho</i> ; <i>B – Azul</i> ; <i>C1 – Laranja</i> ; <i>C2 – Amarelo</i>) sobre as regiões dos cinco grupos sedimentares (texturas predominantes entre parênteses – FOLK, 1954). Interpolação manual dos 100 pontos amostrais.....	38
Figura 8: Associação entre os cinco ecocaráteres e grupos sedimentares, revelada através da porcentagem de amostras de sedimentos superficiais coincidentes ao padrão acústico e à região sedimentar.	39
Figura 9: Localização dos testemunhos DT01 e DT02 na área de estudo, e fotografia (com escala) dos testemunhos abertos em laboratório (Modificado de FRANCO, 2013).	42
Figura 10: Os três domínios sedimentares associados aos ecocaráteres e aos grupos sedimentares. Interpolação manual dos 100 pontos amostrais.....	44
Figura 11: Densidade superficial do fundo marinho. Interpolação pelo método "kriging" (68 pontos amostrais).	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização da Pesquisa	11
1.2 Ecocaráteres e Ecofácies	12
1.3 Objetivo Geral.....	13
1.3.1 METAS	14
2. METODOLOGIA	15
2.1 Área de Estudo.....	15
2.2 Amostragem e Análise Geofísica	17
2.3 Caracterização Sedimentar	18
2.4 Análises Estatísticas	19
3. RESULTADOS	21
3.1 Ecocaráteres.....	21
3.2 Análises Estatísticas dos Dados Sedimentares.....	24
4. DISCUSSÃO	35
4.1 Ecocaráteres & Processos Sedimentares	44
4.1.1 COSTEIRO/FLUVIAL.....	44
4.1.2 TRANSICIONAL	48
4.1.3 MARINHO	48
5. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização da Pesquisa

Uma das grandes vantagens da utilização dos métodos geofísicos, quando comparados aos métodos diretos de investigação geológica, é o aumento da resolução espacial dos dados relativos ao fundo e ao subfundo marinhos. Os primeiros adquirem os dados continuamente, à medida que a embarcação navega pelo trajeto de coleta. Já o segundo método consiste em coletar dados pontuais, tendo como consequência um número de amostras relativamente bem menor. Outra vantagem significativa é a diminuição dos custos, principalmente em termos de dias de utilização de embarcações para a coleta dos dados, atividade marcadamente caracterizada pelos elevados gastos associado.

Uma vez que apresentam essa característica de investigação indireta do local, a utilização dos métodos geofísicos implica por sua vez em uma condição de validação de suas informações. Esta operação é geralmente realizada através da associação destes dados às características físicas do ambiente estudado, obtidas através das próprias amostras geológicas (amostragem superficial, testemunhagem, etc.).

Contudo, o uso destes métodos geofísicos visa reduzir o número de amostras sedimentares necessárias para a caracterização de um fundo marinho que seja igual ou semelhante, do ponto de vista geológico. Pois uma vez que seus dados sejam coletados previamente, os mesmos fornecerão informações valiosas para uma caracterização sedimentológica mais eficiente, tanto em termos de representação ambiental, quanto em termos de minimização dos custos associados à sua coleta.

Esta pesquisa está associada ao Projeto Ciências do Mar, cujo suporte financeiro está associado à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – 224/2010), sendo registrado com o título “Sedimentos finos em estuários e plataforma continental: formação e dinâmica de depósitos lamosos”. Além da Universidade Federal do Espírito Santo, estão envolvidas neste projeto a Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade

Estadual do Rio de Janeiro, com o intuito de estudar depósitos lamosos relacionados a rios com aportes sedimentares significativos.

Este estudo também foi desenvolvido com o suporte da Fundação de Apoio à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), por meio do projeto “Mapeamento Sedimentar de um Trecho da Plataforma Continental do Estado do Espírito Santo” (Nº: 54682860/2011).

1.2 Ecocaráteres e Ecofácies

A sísmica é um dos principais métodos geofísicos de investigação do fundo e subfundo marinhos, baseando-se na propagação das ondas acústicas, revelando então a disposição estrutural das camadas sedimentares abaixo do leito marinho (AYRES NETO, 2000).

O uso de perfiladores de subfundo (*Sub-Bottom Profilers* - SBP) na investigação do ambiente oceanográfico está associado a um grande número de pesquisas científicas, tendo seu início geralmente associado ao trabalho de Damuth (1975), a principal referência neste assunto. O autor *op. cit.* definiu os ecocaráteres como sendo padrões de reflexão de pulsos sísmicos de curta duração e alta resolução, os quais seriam gerados pela interação destes pulsos com as camadas e superfícies sedimentares. Sendo que, geralmente, a resposta acústica dessa interação é função do comprimento de onda do pulso acústico, da morfologia do fundo marinho, bem como das propriedades físicas dos sedimentos constituintes do depósito sedimentar, como a granulometria, a mineralogia, a porosidade, a densidade, dentre outras.

Quanto às ecofácies ou fácies acústicas, Veronez Jr. *et al.* (2009) as definem como o conjunto de características físicas do eco refletido, sendo considerado um resultado da interação entre o fundo marinho e o pulso da energia associado à fonte acústica de alta resolução. Como este termo pode ser utilizado para descrever tanto ecocaráteres de perfiladores de subfundo, quanto padrões de sonar de varredura lateral, os dados sísmicos deste estudo serão classificados em termos dos ecocaráteres.

A eficácia e a importância da identificação de processos sedimentares através dos ecocarateres vêm sendo constatada e observada nos mais diversos ambientes:

- **Lagoas, sistemas estuarinos e baías:** Quaresma *et al.* (2000); Belo *et al.* (2002); Catanzaro *et al.* (2004); García-García *et al.* (2004); Veronez Jr. *et al.* (2009); Baptista Neto *et al.* (2011);
- **Margens continentais:** Damuth (1975); Damuth (1978); Mullins *et al.* (1979); Pratson & Laine (1989); Barnes (1992); Yu *et al.* (1992); Yu; Song (1996); Costa (1997); Grossmann (2002); Caburlotto *et al.* (2006); Chiu & Liu (2008); Domzig *et al.* (2009); Ayres Neto *et al.* (2009) e
- **Mares profundos:** Klaus & Ledbetter (1988); Damuth & Hayes (1977); Damuth *et al.* (1983).

Pesquisas sobre ecocarateres na área de estudo são escarças e começaram com Damuth & Hayes (1977), os quais apenas inferiram sua distribuição ao longo da plataforma continental, classificando-a como dominada por apenas um padrão sem refletores de subfundo. Já Godinho (2012) fez uma classificação restringindo-se à plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Doce (com um nível de resolução bem maior – menor espaçamento entre os dados), com o objetivo de analisar o comportamento do sinal acústico em fundos lamosos.

Portanto, a classificação e delimitação de processos sedimentares com a extensão e resolução desta proposta, realizada através do estudo dos ecocarateres da plataforma continental adjacente à desembocadura, é necessária e de grande importância.

1.3 Objetivo Geral

Caracterizar a área de estudo quanto aos processos sedimentares atuantes, levando em consideração diferentes níveis de influência do aporte sedimentar do rio Doce.

1.3.1 METAS

- a) Identificar diferentes ecocaráteres na área de estudo;
- b) Correlacionar os ecocaráteres encontrados com as propriedades físicas dos sedimentos do fundo marinho, por meio de análises estatísticas;
- c) Determinar como as características sedimentares locais influenciam no comportamento do sinal acústico.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo corresponde à plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Doce (litoral norte do Estado do Espírito Santo), sendo delimitada pelas latitudes 431291,11 e 417442,51 e, pelas longitudes 7814363,49 e 7833744,78. Ao sul, estende-se aproximadamente até Barra do Riacho (distrito do município de Aracruz) e ao norte até aproximadamente o limite entre os municípios de Linhares e São Mateus. Em termos de profundidade, a área de estudo encontra-se entre as isóbatas de 10 e 90 m. (Figura 1).

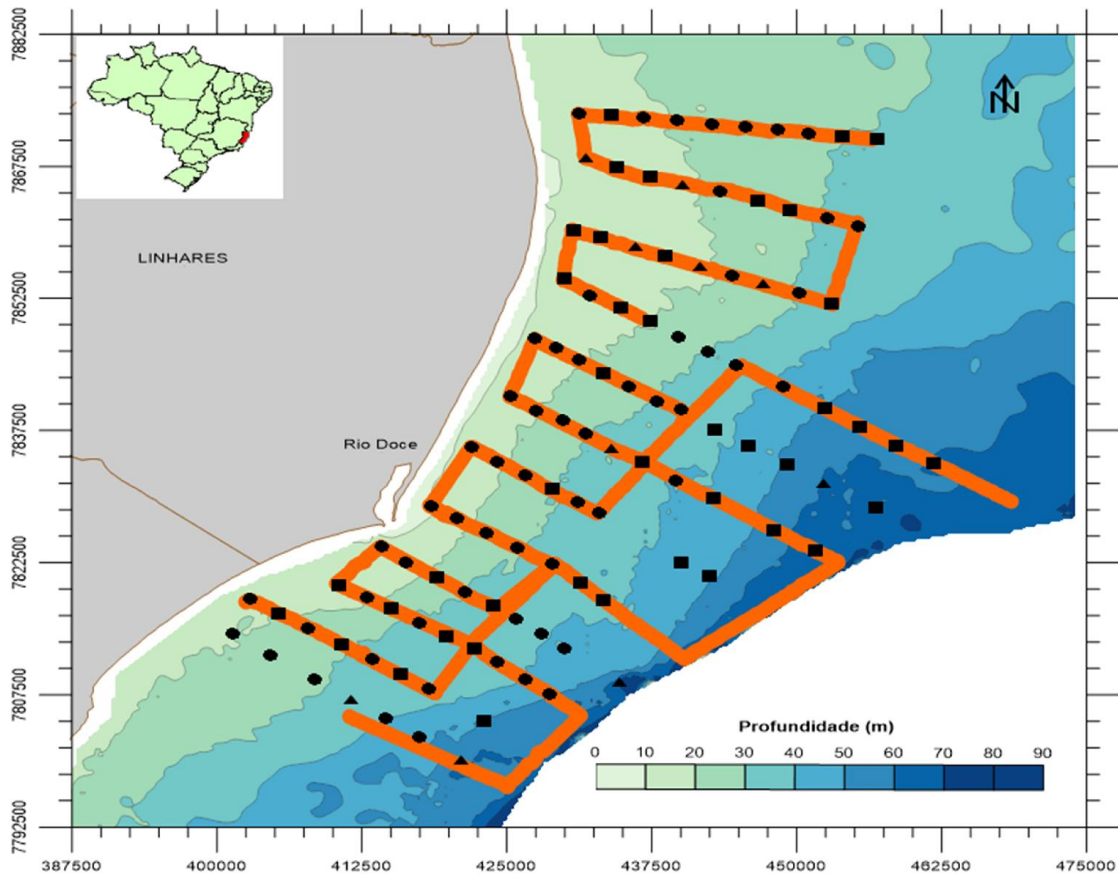


Figura 1: Plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Doce (Espírito Santo - destacado em vermelho) com a malha amostral de coleta de dados sísmicos 3,5 KHz (linhas em laranja) e de sedimentos superficiais (amostras com (●), sem (■) e com apenas (▲) dados de densidade superficial disponíveis).

De acordo com Summerhayes *et al.* (1976) o rio Doce pode ser considerado o mais volumoso dentre os rios que desaguam na costa sudeste brasileira, considerando o trecho desde a Baía da Ilha Grande à Baía de Todos os Santos. Em termos de valores médios mensais, a vazão do rio varia de 1200 m³/s (entre dezembro e março) a 400 m³/s (maio a outubro) (ANA, 2014). Cupolillo (2008) verificou que, de uma maneira geral, somente a partir do início do mês de dezembro é que vazão do rio Doce aumenta de maneira considerável, uma vez que o “*runoff*” (escoamento superficial) predomina sobre a infiltração de água no solo. As variações interanuais também são significativas, sendo que a menor e a maior vazão registradas foram de 130 m³/s (setembro de 2008) e 12860 m³/s (fevereiro de 1979), respectivamente (ANA, 2014).

A geologia da costa capixaba é consideravelmente heterogênea, com a ocorrência tanto do embasamento cristalino, quanto de depósitos terciários e/ou de planícies quaternárias. A área de estudo é adjacente à planície costeira do rio Doce, que de acordo com Martin *et al.* (1996) caracteriza-se pelo máximo desenvolvimento dos depósitos quaternários da costa capixaba. Este trecho da costa capixaba é classificado por Dominguez (2006) como o tipo progradante, evidenciado pela presença do delta dominado por ondas associado ao rio Doce. Há de se destacar também que grande parte da área de estudo, especialmente as regiões com fundos lamosos, é utilizada por pescadores locais para a realização da pesca de arrasto (geralmente não ultrapassando a isóbata de 20 m. – comunicação oral dos pescadores locais). Existem ainda na região estruturas relacionadas à indústria de óleo e gás, como os gasodutos provenientes de poços de exploração e produção (que emergem no litoral de Linhares, ao norte do rio Doce), além de uma monobóia desativada, ao sul do rio Doce, conectada ao Terminal de Regência (TEREG – PETROBRÁS) por meio de uma tubulação submersa. Devido à construção de usinas hidrelétricas (UHEs) ao longo do baixo curso do rio Doce, Oliveira *et al.* (2012) chamam atenção para a possibilidade de ocorrência de processos similares aqueles observados por Bittencourt *et al.* (2007a) na região da desembocadura do rio São Francisco (AL/SE), como erosões crônicas da linha de costa e deflexões

progressivas da desembocadura. Coelho (2007) constatou uma frequência maior da ocorrência de vazões mensais inferiores a média histórica, principalmente após a construção da UHE de Mascarenhas (localizada no município de Baixo Guandu, E.S.), em 1974. Segundo o autor *op. cit.* as principais consequências dessas intervenções seriam mudanças na morfologia fluvial (devido à diminuição de sua carga de sedimentos - descarga), como o surgimento de bancos arenosos e aumento de processos erosivos, tanto nas margens, quanto na referida zona costeira. Há de se destacar que dentre os vários projetos de implantação de empreendimentos portuários ao longo da costa capixaba, destaca-se justamente a construção de portos e estaleiros ao norte da desembocadura do rio Doce, abrangendo um trecho da região costeira e da plataforma continental adjacente à Linhares. Tendo em vista o contexto atual da área de estudo, é importante avaliar como é o fundo marinho de uma região antes de qualquer intervenção, pois tais informações são fundamentais para um licenciamento e um gerenciamento ambiental mais eficazes em termos de minimização de seus impactos ambientais.

2.2 Amostragem e Análise Geofísica

Os dados sísmicos foram coletados em fevereiro e em maio de 2012, através de um perfilador de subfundo SyQwest, modelo StrataBox 3510. A fonte ressonante do equipamento foi configurada para emitir pulsos acústicos com frequência de 3,5 KHz. Os dados foram adquiridos em formato digital com posicionamento simultâneo à gravação, por meio de um receptor GPS conectado ao software de aquisição. O levantamento de campo foi realizado através de transectos perpendiculares (aproximadamente equidistantes) e paralelos à costa, ao longo de uma extensão total de 400 quilômetros (Figura 1).

No software de aquisição (StrataBox - versão 3.0.4.1) os padrões foram analisados quanto à penetração ou não do pulso acústico no pacote sedimentar, à definição ou não dos refletores subsuperficiais, além da presença ou não de feições acústicas singulares, baseando-se em Damuth (1975). Através do software SonarWiz.Map 5 foi possível então mapear os ecocaráteres dentro da área de estudo. As profundidades relativas aos

refletores sísmicos foram medidas assumindo a mesma velocidade de propagação do som na água e nos sedimentos, 1500 m/s.

2.3 Caracterização Sedimentar

A amostragem dos sedimentos superficiais do fundo marinho foi realizada a partir da utilização de um amostrador busca-fundo, do tipo Van Veen, em 100 pontos amostrais (Figura 1), em janeiro e novembro de 2012, e em fevereiro de 2013.

As amostras foram previamente homogeneizadas e subamostradas através do Método de Cone (INGRAN, 1971). Foram separadas subamostras destinadas às análises de teor de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) (GROSS, 1971) e de granulometria. Um total de 68 pontos amostrais foi analisado quanto à densidade superficial (AMOS & SUTHERLAND, 1994), cujo cálculo considera as densidades dos sedimentos e da água do mar como sendo $2,650 \text{ g/cm}^3$ e $1,027 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Vale ressaltar que as informações sobre a densidade superficial do fundo foram utilizadas neste estudo como um indicativo.

Antes da análise granulométrica, foi extraída a Matéria Orgânica (M.O.) da subamostra pelo método de Lewis & McConchie (1994), o qual consiste basicamente em submeter a amostra a uma solução de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) 10%, evitando assim leituras incorretas de tamanho do grão.

O tipo de método para a análise granulométrica foi escolhido em função dos diâmetros dos grãos, onde os sedimentos maiores ou iguais a $63 \mu\text{m}$ (arenosos) foram analisados via peneiramento a seco, utilizando uma coluna de peneiras. Os sedimentos com diâmetros menores que este limite (lamosos) foram analisados através do granulômetro a laser Malvern, modelo Mastersize 2000.

Também foram utilizados os dados de teor de água, de porosidade, de densidade, e de taxa de sedimentação, bem como as porcentagens de areia e de lama, relativos às análises de dois testemunhos por Franco (2013): DT01 (ao sul da desembocadura) e DT02 (ao norte desta). Tais resultados foram

utilizados para realizar uma correlação direta entre os padrões de eco e os respectivos depósitos sedimentares.

2.4 Análises Estatísticas

Os dados relativos à massa de cada fração granulométrica foram inseridos no pacote estatístico *GRADISTAT*[®] (BLOTT & PYE, 2001), visando obter valores para as seguintes variáveis estatísticas: diâmetro médio do grão, grau de seleção, assimetria e curtose (ambos na escala *phi* - Φ), além das porcentagens de lama, de areia e de cascalho.

Estes dados foram normalizados, assim como os valores relativos às porcentagens de CaCO_3 e à profundidade de coleta das respectivas amostras. Este procedimento tem por objetivo eliminar o efeito das diferentes escalas de variação e das distintas unidades de cada variável analisada. Essa adimensionalização dos dados foi feita segundo Landim (2006), onde o valor normalizado é obtido através da subtração do valor da variável pela média do seu conjunto de valores, dividido pelo desvio padrão deste conjunto. Como resultado desse processo, todas as variáveis passam a apresentar média nula e variância unitária, relativas ao seu conjunto de dados.

Após a normalização, os dados foram submetidos às Análises Estatísticas de Agrupamento e de Componentes Principais, através do software *MVSP*[®] (*MultiVariate Statistical Package*) (KOVACH, 2007). Ambas as análises foram aplicadas às amostras com o objetivo de identificar regiões sedimentares distintas para auxiliar no entendimento da distribuição dos ecocaráteres ao longo da área de estudo.

Enquanto a Análise de Agrupamento visa encontrar as semelhanças entre as amostras a partir das variáveis selecionadas, criando um número conveniente de grupos e relacionando-os através de coeficientes de correlação, a Análise de Componentes Principais (ACP) reduz o número de variáveis, concentrando a variabilidade dos dados nestas novas representações, conhecidas como autovetores ou eixos (LANDIM, 2006).

Uma das principais contribuições da ACP é o seu poder de extrair informações importantes de um grande conjunto de dados, pois seu resultado resume-se a

um sistema de coordenadas (eixos/autovetores) que facilita a visualização das semelhanças sedimentológicas de um conjunto de amostras. No caso deste estudo, são 100 amostras sedimentares consideradas para análise, considerando a influencia das nove variáveis citadas anteriormente, obtém-se um total de 900 casos a serem considerados. A sua utilização em paralelo com a Análise de Agrupamento permite ordenar as variáveis que apresentaram maior contribuição no agrupamento dos casos (VALENTIM, 2000).

3. RESULTADOS

3.1 Ecocaráteres

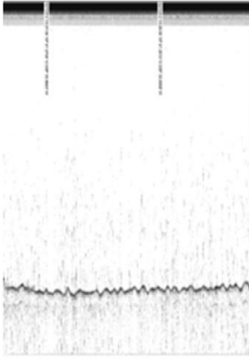
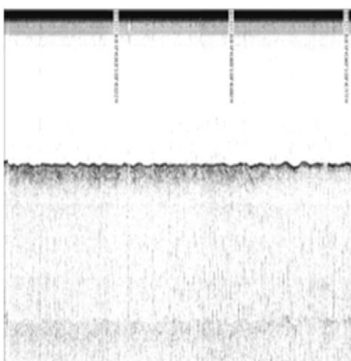
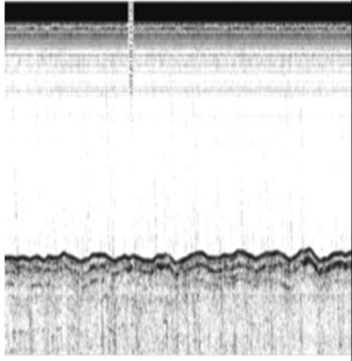
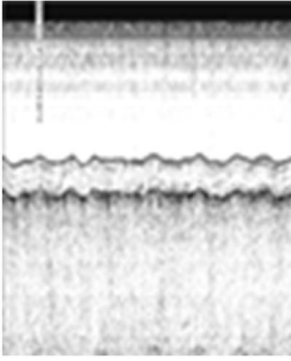
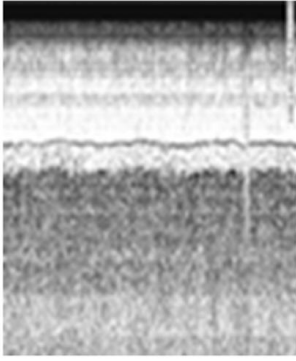
Ao longo da área de estudo foram observados cinco tipos de ecocaráteres (Tabela 1 e Figura 2). Alguns dados coletados tiveram de ser descartados devido à problemas de posicionamento e de falhas durante o processo de aquisição dos dados ('range' do equipamento estava configurado de maneira que não foi possível abranger os estratos de subfundo), e a abrangência de tal ausência pode ser verificada através da comparação entre a Figura 1 e a Figura 2. O ecocaráter A1 (*Eco A1*) descreve um fundo marinho bem definido, ao longo das regiões mais profundas da área de estudo (entre 35 m. e 80 m.), consistindo em um registro onde a penetração do pulso acústico não é observada, impedindo a visualização de refletores de subfundo; ou seja, este padrão revela regiões onde a reflexão do sinal na interface água/sedimento é intensificada (Figura 2 – ecocaráter em verde).

O ecocaráter A2 (*Eco A2*) não apresentou uma distribuição espacial restrita, sendo observado principalmente entre os 25 m. e os 80 m. de profundidade (Figura 2 – ecocaráter em vermelho). A penetração do pulso acústico através do fundo marinho variou entre 5 m. e 15 m.. Entretanto, o registro associado correspondeu a refletores classificados como indefinidos e descontínuos.

O ecocaráter B (*Eco B*) foi observado principalmente entre as isóbatas de 30 m. e 50 m. (Figura 2 - ecocaráter em azul). Seus refletores apresentaram a melhor definição dentre todos os registros observados). Estes por sua vez são contínuos, paralelos entre si e ao fundo marinho, com alguns registros de refletores inclinados; O pulso acústico demonstrou penetração bastante variável, resolvendo espessuras entre 2 m. e 20 m.. Em alguns locais, a penetração e a continuidade dos refletores mostraram-se limitadas e/ou alteradas pela presença de registros acústicos semelhantes aqueles normalmente relacionados à presença de gás no depósito sedimentar.

Os ecocaráteres C1 e C2 (*Eco C1* e *Eco C2*, respectivamente) apresentam uma característica em comum, associada a seus registros acústicos: uma

Tabela 1: Descrições e exemplos dos ecocaráteres encontrados na área de estudo.

	A1	A2	B	C1	C2
DESCRIÇÃO	Fundo definido; sem penetração.	Fundo definido e refletores subsuperficiais indefinidos e descontínuos. Penetração de 5 m. a 15 m.	Refletores definidos, contínuos e, paralelos entre si e ao fundo; penetração de 2 m. a 20 m.; registros de gás associados.	Refletores contínuos a descontínuos, paralelos entre si ou inclinados. Penetração de 5 m. a 15 m. Camada semitransparente variável (2 m. a 10 m.) com refletores razoavelmente definidos.	Refletores idem C1. Penetração de 5 m. a 10 m. Camada semitransparente variável (1 m. a 5 m.) com refletores indefinidos ou ausentes.
EXEMPLO					

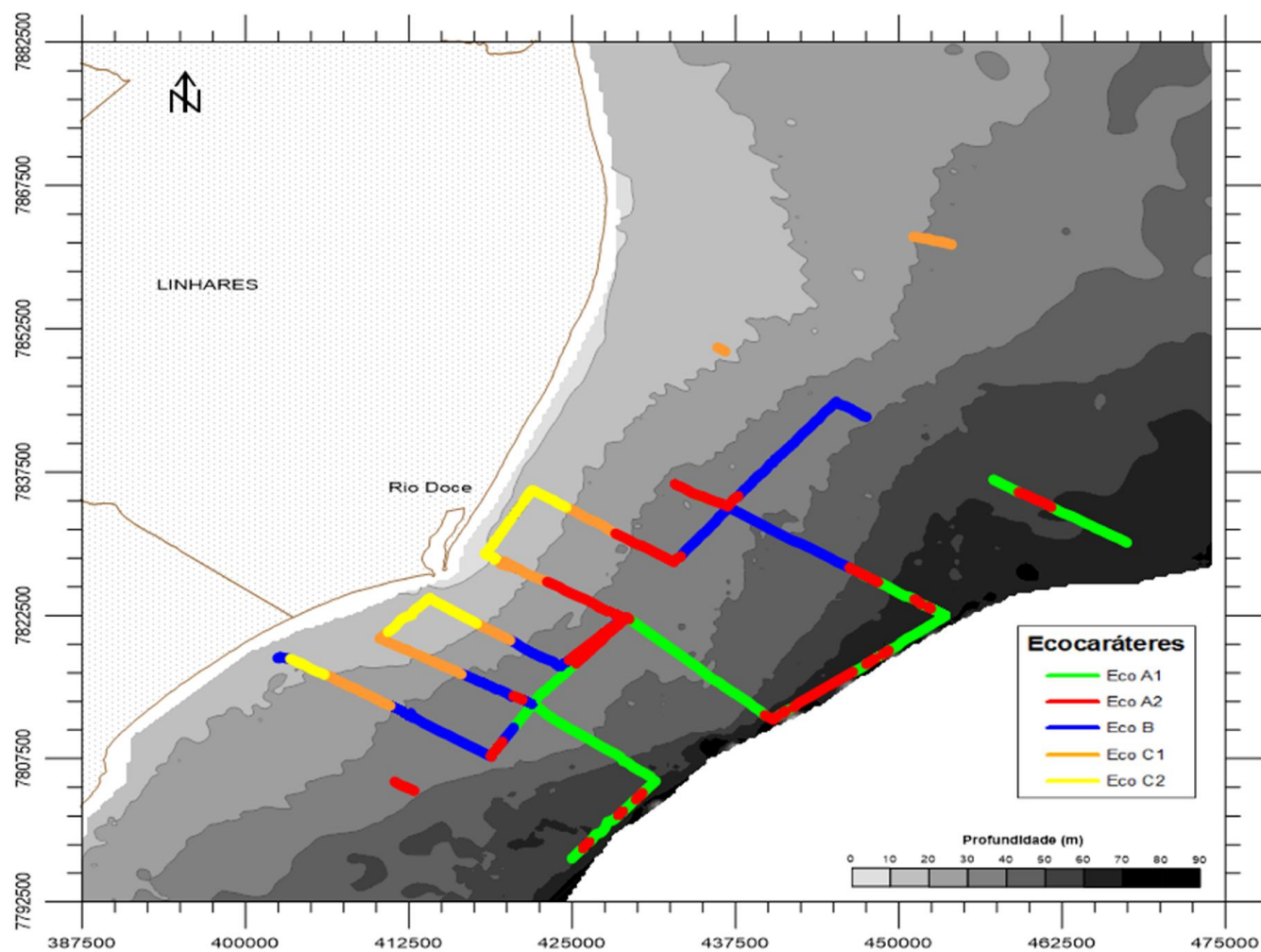


Figura 2: Distribuição espacial dos ecocaráteres ao longo da área de estudo.

camada semitransparente logo abaixo do fundo marinho. O *Eco C1* foi observado tanto ao sul, quanto ao norte da desembocadura, entre as profundidades de 10 m. e 30 m. (Figura 2 - ecocaráter em laranja). Apresentou refletores contínuos a descontínuos, paralelos entre si ou inclinados, com relação ao fundo marinho. Sua penetração alcançou entre 5 m. e 15 m. do depósito sedimentar. A sua camada semitransparente apresentou refletores razoavelmente definidos, cuja espessura variou entre 2 m. e 10 m.

O *Eco C2* foi observado em profundidades entre 10 m. e 20 m. (Figura 2 – ecocaráter em amarelo) e esteve mais próximo da desembocadura do que o *Eco C1*, sendo que a espessura de sua camada semitransparente variou de 1 m. a 5 m., apresentando refletores indefinidos; além destes não serem observados em alguns registros. A penetração total do pulso acústico associado a este ecocaráter variou entre 5 m. e 10 m., revelando refletores contínuos a descontínuos, apresentando-se tanto paralelos entre si, quanto inclinados com relação ao fundo.

3.2 Análises Estatísticas dos Dados Sedimentares.

A análise de agrupamento revelou um total de cinco grupos sedimentares distintos, a partir de um nível de corte igual a 40 SE - *Squared Euclidean* (distância euclidiana elevada ao quadrado - um dos coeficientes de similaridade mais utilizados em estudos geológicos) (Figura 3). Esta limitação do número de grupos foi realizada de acordo com o nível de detalhe necessário a este estudo. Estes cinco grupos destacados devem ser entendidos como populações de amostras de sedimentos superficiais com características sedimentares semelhantes.

Quanto aos resultados da *ACP*, foram considerados os quatro primeiros autovetores (eixos), os quais são responsáveis por 91,4% da variabilidade dos dados. A limitação do número de eixos seguiu a Regra de Jolliffe (1986), que pressupõe que o menor autovalor (0,7 – Eixo 4) corresponda a no mínimo 30% da média dos autovalores superiores. Desta forma, a parcela de variação nos dados explicada pelos eixos é proporcional à correlação entre as variáveis analisadas.

Minimum variance

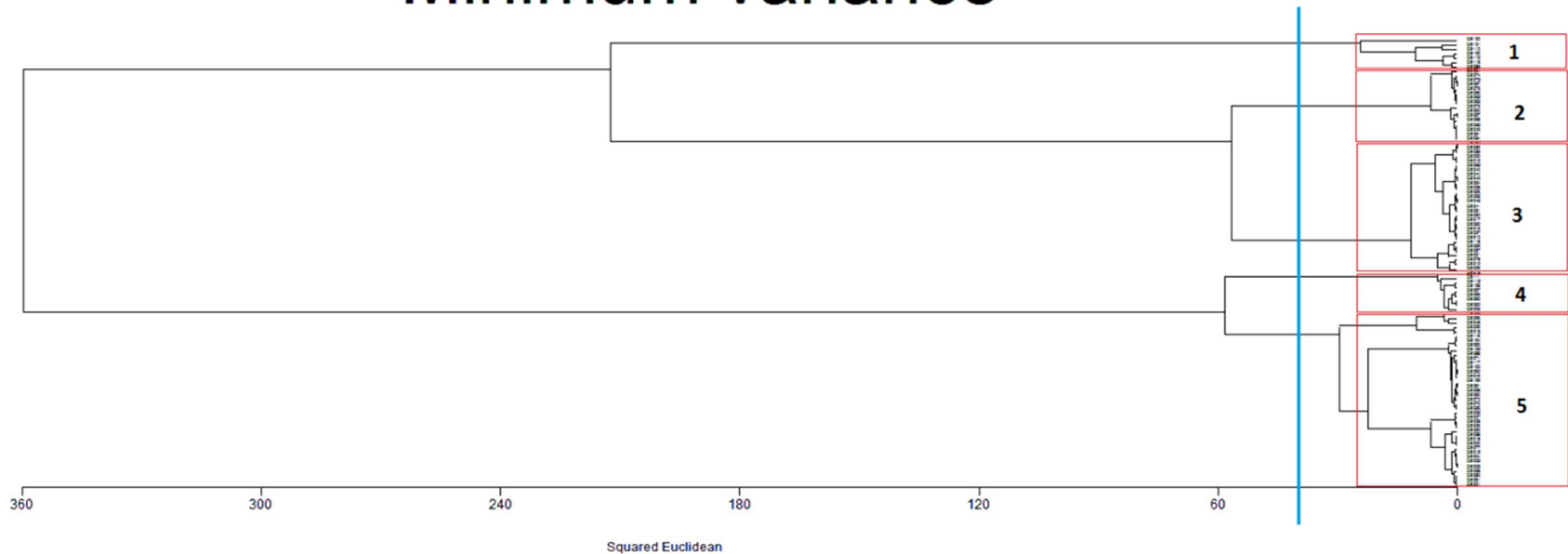


Figura 3: Dendrograma obtido pela análise de agrupamento via método de Ward, ou "Minimum variance". Classificação das 100 amostras sedimentares considerando as nove variáveis analisadas. A formação dos grupos sedimentares (retângulos vermelhos) é representada na forma de um dendrograma, assumindo um nível de corte igual a 40 unidades de distâncias Euclidianas elevadas ao quadrado (traço vertical azul).

Tabela 2: Os quatro principais autovetores da ACP. A porcentagem remete à abrangência do autovetor em termos de variabilidade dos dados, e o autovalor pode ser entendido como uma quantificação dessa variação.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
Autovalores	3,9	2,6	0,9	0,7
Porcentagem	43,3	28,8	11,0	8,3
Porcentagem Acumulada	43,3	72,1	83,1	91,4

A seguir são reveladas as importâncias relativas das nove variáveis analisadas neste estudo para cada um desses autovetores (Tabela 3), sendo estes pesos obtidos a partir da matriz de similaridade entre tais variáveis (Tabela 4).

Tabela 3: Quantificação da importância das nove variáveis analisadas na formação dos autovetores (componentes principais). Os valores destacados remetem as variáveis mais importantes em cada eixo, representando um comportamento semelhante (azul) ou contrário (vermelho), indicado pelo sinal.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
Diâmetro Médio	0,420	-0,264	-0,019	0,361
Grau de Seleção	0,402	0,270	0,138	-0,040
Assimetria	0,198	0,064	0,899	-0,122
Curtose	-0,328	-0,008	0,354	0,633
Cascalho	0,039	0,564	-0,021	-0,317
Areia	-0,487	-0,007	0,114	-0,102
Lama	0,469	-0,175	-0,106	0,203
Carbonato de Cálcio	-0,130	0,471	-0,115	0,525
Profundidade	0,199	0,532	-0,093	0,160

Tabela 4: Matriz de similaridade entre as nove variáveis analisadas pela ACP. Valores em negrito expressam as relações mais significativas. DME - Diâmetro Médio. GSE - Grau de Seleção. ASS - Assimetria. CUR - Curtose. CAS - Cascalho. ARE - Areia. LAM - Lama. CAC - CaCO₃. PRO - Profundidade.

	DME	GSE	ASS	CUR	CAS	ARE	LAM	CAC
GSE	0,4							
ASS	0,2	0,4						
CUR	-0,4	-0,5	-0,1					
CAS	-0,4	0,4	0,1	-0,1				
ARE	-0,8	-0,7	-0,3	0,6	-0,1			
LAM	0,9	0,6	0,2	-0,5	-0,2	-0,9		
CAC	-0,4	0,1	-0,1	0,2	0,5	0,2	-0,4	
PRO	0,0	0,6	0,1	-0,2	0,8	-0,4	0,2	0,6

De uma maneira geral, o bom selecionamento dos sedimentos das amostras apresentou comportamento semelhante às porcentagens de areia e contrário ao das porcentagens de lama, de cascalho e de CaCO₃, e de sua profundidade de coleta.

Com relação às porcentagens de CaCO₃ nas amostras analisadas foi observado comportamento semelhante ao aumento no diâmetro do grão, e às porcentagens de cascalho e de areia. Um comportamento contrário foi observado com relação às porcentagens de lama e ao melhor selecionamento dos grãos, como foi observado anteriormente.

Quanto à profundidade de coleta das amostras, não foi observada relação significativa com seu diâmetro médio. O aumento da profundidade foi seguido por um incremento nas porcentagens de lama, de cascalho e de CaCO₃, além da diminuição nas porcentagens de areia e da redução do selecionamento das amostras.

De uma maneira geral, existe uma tendência de associar aos dois primeiros componentes principais (Eixos 1 e 2) a maior parte da variabilidade dos dados (VIEIRA *et al.*, 2008), e consequentemente, as suas principais variáveis

formadoras acabam sendo as mais influentes no agrupamento dos casos (Figura 4). Os demais componentes principais revelariam correlações secundárias entre as variáveis, sendo importantes, por exemplo, para a identificação de desvios na tendência geral de distribuição dos casos, como relatado por Silva (2012).

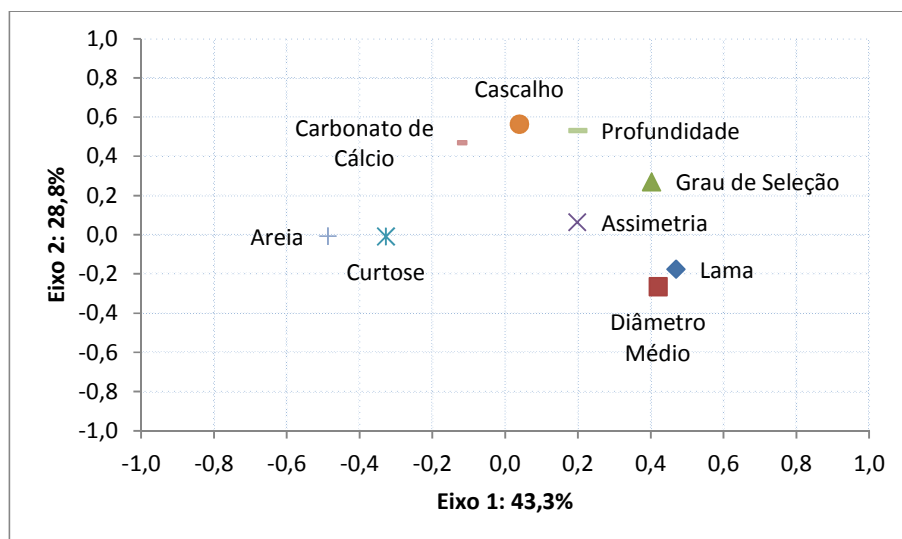


Figura 4: Relações entre as nove variáveis analisadas e os componentes principais mais abrangentes (Eixos 1 e 2).

Analizando a Figura 4, é possível notar que as variáveis mais distantes da origem dos eixos (e que apresentam as contribuições mais significativas em suas formações.) foram as porcentagens de lama, de areia, de cascalho e de CaCO_3 , além do diâmetro médio, do grau de seleção e da profundidade.

Desta forma, os cinco grupos sedimentares são descritos a seguir, tomando por base estas variáveis mais importantes. Desta forma, a a seus registros acústicos: uma

é uma síntese dos dados de cada um dos grupos sedimentares, relativos a estas variáveis selecionadas.

A seguir as amostras de sedimentos, previamente classificadas dentro dos cinco grupos sedimentares são analisadas quanto à sua distribuição ao longo dos componentes principais mais representativos, ou seja, os Eixos 1 e 2. (Figura 5). Estes dois eixos são responsáveis por 72,1% da variabilidade dos dados, e indicaram três características do agrupamento das amostras sedimentares: o nítido isolamento do Grupo 1 (G1); a semelhança notável entre os Grupos 4 e 5 (G4 e G5); e certa proximidade entre os Grupos 2 e 3 (G2 e G3).

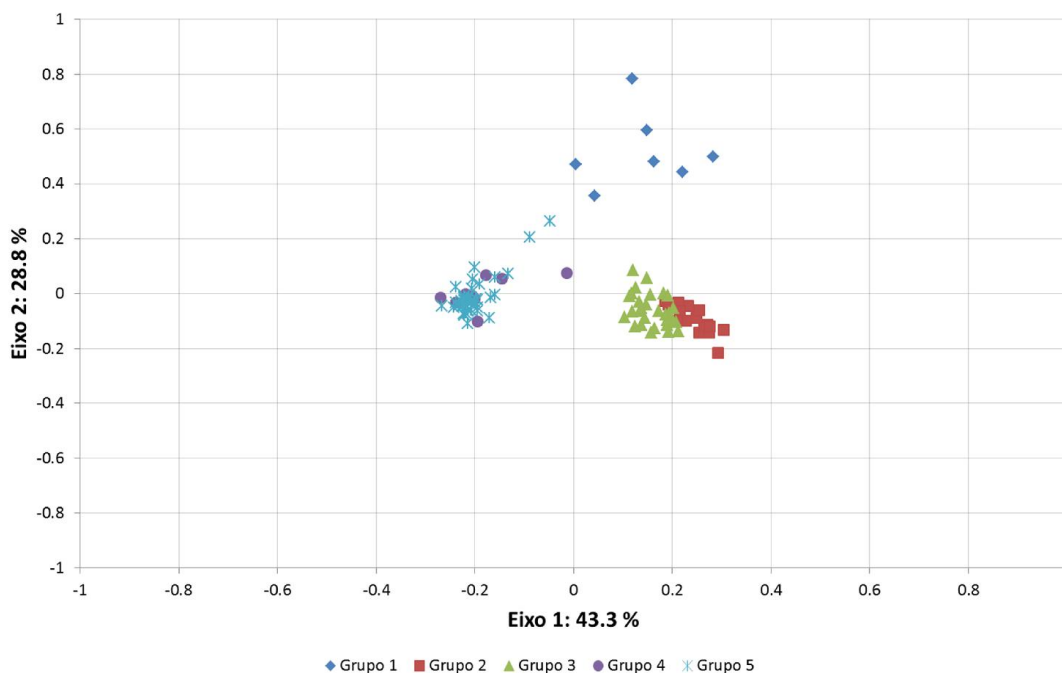


Figura 5: Relação entre as amostras (previamente classificadas pela análise de agrupamento) e os Componentes Principais 1 e 2.

O isolamento do G1 (Figura 5) esteve associado às diversas características, sumarizadas a seguir, como por exemplo, o fato de suas amostras apresentarem, em termos absolutos (ou seja, não só os valores médios, mas também valores mínimos e máximos), as maiores porcentagens de CaCO_3 e de cascalho. Suas amostras são caracterizadas pelos piores graus de

selecionamento, o que pode ser observado não apenas pelos seus altos valores de grau de seleção, mas também pelos maiores desvios padrões associados às demais variáveis granulométricas (diâmetro médio, e as porcentagens de lama, de areia e de cascalho). Pela classificação de Folk (1954), suas amostras foram inseridas em quatro grupos texturais: Areia lamosa cascalhosa (*Alc – três amostras*), Areia cascalhosa (*Ac – uma amostra*), Cascalho lamoso (*Cl – uma amostra*) e o Cascalho arenoso lamoso (*Cal – duas amostras*). Foi observado um predomínio de areias finas (43%) e médias (43%), revelando uma considerável condição de mistura, uma vez que todas as suas amostras são muito mal selecionadas (Figura 6). Suas amostras se distribuíram pelas regiões mais profundas da área de estudo (média igual a 56,6 m.), apresentando as maiores profundidades mínimas e máximas: 47 m. e 67 m., respectivamente.

A proximidade entre os grupos 2 e 3 (Figura 5) será explicada a seguir a partir da caracterização destes grupos sedimentares.

O G2 foi o grupo que apresentou a maior porcentagem média de lama em suas amostras, bem como os maiores valores mínimos e máximos dessa variável: 57,5% e 89,6%, respectivamente. Os maiores valores mínimos e máximos (4,6 Φ e 5,8 Φ , respectivamente) relativos ao diâmetro médio do grão (sendo observada a menor variabilidade para essa variável – D.P. = 0,4 Φ) também enfatizam essa predominância de sedimentos lamosos do grupo. Como consequência, suas amostras apresentaram baixos valores para as porcentagens de areia (menores valores médio e mínimo) e de cascalho, com os menores valores em termos absolutos para esta última variável. Apesar de apresentar um valor intermediário para a média do grau de selecionamento, esta variável apresentou a menor variabilidade (D.P. = 0,2 Φ), indicando maior homogeneidade para suas amostras. Isto pode ser verificado pela Figura 6, a qual indica que 87% de suas amostras são caracterizadas como mal selecionadas e 13% como muito mal selecionadas. Apresentou a menor heterogeneidade em termos de porcentagens de CaCO_3 (D.P. = 5,2%), revelando valores intermediários. Todas as 16 amostras deste grupo foram classificadas como Lama arenosa (*La*), constituídas por silte grosso (69%) ou muito grosso (31%) (Figura 6).

Com relação ao G2, as amostras do G3, também se distribuíram por regiões rasas, pois além de apresentar o mesmo valor mínimo de profundidade, revelaram um valor médio igual a 20,8 m.. Entretanto, apresentaram maior dispersão pela área de estudo, conforme seus valores relativamente maiores de desvio padrão e de profundidade máxima. Os valores referentes às porcentagens de CaCO_3 são muito semelhantes àqueles referentes às amostras do G2. Quanto às variáveis granulométricas, de uma maneira geral, observam-se grãos maiores e um pior selecionamento destes, acompanhados

Tabela 5: Valor médio (Méd), desvio padrão (D.P.), valor mínimo (Mín) e máximo (Máx) de cada grupo sedimentar revelado pela Análise de Agrupamento. Os valores das variáveis Carbonato de Cálcio, Areia, Lama e Cascalho estão em porcentagem. Enquanto aqueles referentes às variáveis Diâmetro Médio e Grau de seleção estão na escala *phi* (Φ). * A – Areia; Ac – Areia cascalhosa; Al – Areia lamosa; Alc – Areia lamosa cascalhosa; Cal - Cascalho arenoso lamoso; La - Lama arenosa.

		Grupos				
		1	2	3	4	5
Profundidade (m)	Méd	56,6	23,1	20,8	33,3	30,8
	DP	7,7	6,6	7,9	10,5	9,6
	Mín	47,0	10,0	10,0	13,0	13,5
	Máx	67,0	33,0	40,0	50,0	49,0
Carbonato de Cálcio	Méd	72,6	18,3	14,9	12,8	8,2
	DP	13,1	5,2	5,4	5,5	6,0
	Mín	52,9	6,5	2,9	5,9	1,5
	Máx	88,1	25,9	24,0	20,3	31,9
Cascalho	Méd	28,4	0,1	0,5	1,0	3,4
	DP	13,7	0,2	2,1	2,2	6,7
	Mín	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Máx	54,0	0,7	11,3	6,7	24,1
Areia	Méd	49,6	26,6	54,7	87,9	94,2
	DP	17,0	10,0	7,7	7,5	7,5
	Mín	26,8	10,4	42,1	70,2	69,3
	Máx	74,7	42,5	68,4	94,7	99,9
Lama	Méd	22,0	73,4	44,8	11,1	2,4
	DP	12,5	10,1	8,5	5,6	2,2
	Mín	6,1	57,5	25,5	5,2	0,0
	Máx	39,5	89,6	57,9	23,1	7,9
Diâmetro Médio	Méd	1,7	5,2	4,2	2,2	1,4
	DP	0,9	0,4	0,7	0,8	0,7
	Mín	0,1	4,6	2,0	0,7	-0,5
	Máx	2,5	5,8	4,9	3,0	2,3
Grau de seleção	Méd	2,7	1,7	1,9	1,2	0,8
	DP	0,5	0,2	0,3	0,5	0,3
	Mín	2,0	1,4	1,6	0,7	0,5
	Máx	3,3	2,2	2,8	2,3	2,0
Textura predominante (FOLK, 1954)*		Alc & Cal	La	Al & La	A & Al	A & Ac

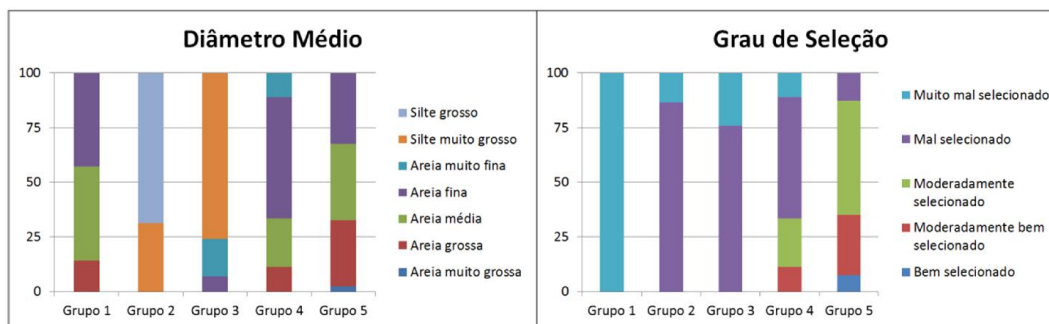


Figura 6: Porcentagem de amostras em cada grupo sedimentar, classificadas quanto ao diâmetro médio e ao grau de seleção.

por um aumento na porcentagem de cascalho e de areia e, tendo como consequência um menor teor de lama nas amostras do G3. Foi observado um total de três texturas sedimentares: Lama arenosa (*La* – nove amostras), Areia lamosa (*Al* – 19 amostras) e Areia lamosa cascalhosa (*Alc* – uma amostra). Sua composição corresponde majoritariamente à silte muito grosso (76%), com uma considerável contribuição de areia muito fina (17%) a fina (7%) (Figura 6).

A Figura 5 revelou uma notável semelhança entre os Grupos 4 e 5, sendo os mesmos descritos a seguir.

O G4, apesar de indicar uma distribuição em torno de uma profundidade média de 33,3 m., na verdade apresentou a maior variabilidade espacial dentro da área de estudo (D.P. = 10,5 m.), ocorrendo entre as isóbatas de 13 m. e 50 m. . Seus valores relativos à porcentagem de CaCO_3 também são considerados intermediários, embora seja importante destacar que o menor valor de porcentagem máxima de CaCO_3 foi associado a este grupo sedimentar. Suas amostras apresentaram o segundo melhor valor médio de grau de seleção, embora as mesmas sejam bastante heterogêneas (D.P. = 0,5 Φ) quanto a esta variável (Figura 6). Este grupo apresentou o maior valor de porcentagem mínima de areia (70,2%), que associado à considerável homogeneidade dessa variável entre as amostras (D.P. = 7,5%), produziu um valor médio igual a 87,9%. Assim como os demais grupos, com exceção do G1, o menor valor de porcentagem mínima de cascalho desse grupo foi igual a 0%. Entretanto, quando comparados ao G1, o valor médio é irrisório (1,0%). No caso do tamanho médio do grão, estes se mostraram maiores (média = 2,2 Φ),

consequentemente, a porcentagem média de lama foi bem inferior (11%), reduzindo à metade. Desta forma, associadas a este grupo foram observadas três texturas sedimentares: Areia (A – cinco amostras), Areia lamosa (Al – três amostras) e Areia lamosa cascalhosa (Alc – uma amostra). A maioria de suas amostras corresponde à areia fina (56%) (Figura 6).

Como indicado pela ACP, as amostras do G5 apresentaram valores bem semelhantes àsquelas relativas ao G4, sobretudo quanto à variável profundidade. Com relação à porcentagem de CaCO_3 , este grupo apresentou o menor valor médio (8,2%), inclusive registrando o menor valor mínimo (1,5%), com uma variação relativamente maior que o G4. As amostras do G5 ficaram caracterizadas pelos melhores graus de selecionamento, com os menores valores médios, mínimos e máximos (além de um D.P. = 0,3 Φ). Além do fato de que apenas 13% de suas amostras foram consideradas mal selecionadas (Figura 6). São marcadas também pelos menores valores, em termos absolutos, associados à porcentagem de lama. Como consequência, apresentaram um valor médio de porcentagem de areia igual a 94,2%, com um impressionante valor máximo dessa variável igual a 99,9% (D.P. = 7,5%). Em termos de porcentagem de cascalho, estas amostras apresentaram o segundo maior valor médio (3,4%), com uma heterogeneidade maior (D.P. = 6,7%) do que as amostras do G4. Três texturas sedimentares foram observadas neste grupo: Areia (A – 33 amostras), Areia cascalhosa (Ac – cinco amostras) e Areia lamosa cascalhosa (Alc – uma amostra). Apresentou composição semelhante ao G1, com o acréscimo de amostras de areia muito grossa.

4. DISCUSSÃO

Uma sobreposição das distribuições espaciais dos cinco grupos sedimentares e ecocaráteres ao longo da área de estudo é apresentada na Figura 7.

Devido à grande quantidade de informações deste mapeamento, foi realizada uma análise da frequência com que os ecocaráteres estiveram associados aos grupos sedimentares, verificando a classificação da amostra pela análise de agrupamento e o tipo de ecocaráter associado (Figura 8).

Ao analisar a Figura 7 podemos verificar a ocorrência de ecocaráteres cuja penetração é ausente ou relativamente reduzida (A1 e A2, respectivamente) também em ambientes com teores significativos de lama (grupos 2 e 3, por exemplo), condição que teoricamente incrementaria a penetração do pulso acústico no depósito sedimentar. Um fator que poderia explicar esse comportamento do sinal acústico seriam os valores relativamente altos de densidade superficial do fundo marinho: $1,88 \text{ g/cm}^3$ e $1,87 \text{ g/cm}^3$ nas regiões dos ecocaráteres A1 e A2, respectivamente. (Tabela 6). Assim, esta resposta do fundo marinho também estaria associada a depósitos lamosos cujos níveis de consolidação e densidades superficiais associados fossem responsáveis pela reflexão do pulso acústico, em detrimento da penetração do mesmo. Desta forma, apesar de corresponder a sedimentos lamosos, sua densidade controlaria o comportamento do pulso acústico de maneira semelhante ao que é observado na interação deste com sedimentos arenosos. Esta consolidação maior dos sedimentos está geralmente associada a um período relativamente longo de estabilização do depósito sedimentar, de maneira que o mesmo não seja submetido a processos de ressuspensão frequentes (MEHTA *et al.*, 1989); WHITEHOUSE *et al.*, 2000).

A ausência de penetração do *Eco A1* está predominantemente associada à presença de sedimentos grossos e teores de lama muito baixos, características associadas às regiões dos grupos G5 e G1 (Figura 8). Costa (1997) também observou este tipo de resposta acústica do fundo marinho na plataforma continental intermediária e externa adjacente à foz do rio Amazonas. Naquele estudo, a autora encontrou a predominância de areia fina na região da

plataforma intermediária, o que também pode ser observado na área de estudo através da distribuição do G5, associado principalmente a areias médias e finas (Figura 6 e Figura 7). Deve-se destacar também o domínio deste ecocaráter nas regiões do G1, onde o efeito reflexivo de seu elevado teor de cascalho compensou seus teores de lama relativamente maiores, levando à diminuição/ausência da penetração do pulso acústico.

O *Eco A2* apresentou maior distribuição nas regiões do G4 do que naquelas relativas ao G5 (Figura 8). Essa diferença ocorreu, pois, embora ambos os grupos sedimentares sejam essencialmente arenosos, a areia fina compreendeu 56% das amostras do G4, contra 33% das amostras do G5 (Figura 6). Caburlotto *et al.* (2006) também encontraram um ecocaráter com características semelhantes, e associaram a ausência de refletores definidos ao espalhamento da energia acústica por formas de fundo erosivas ou deposicionais de pequena escala. Bourguignon (2013) realizou um imageamento do fundo marinho com sonar de varredura lateral ao longo da área de ocorrência do *Eco A2*, indicando tanto um fundo plano (associado a sedimentos arenosos), como um fundo rugoso/heterogêneo (associado à rodolitos). Estas feições estariam então contribuindo para a reflexão do sinal no fundo marinho e/ou para o espalhamento do pulso acústico ao longo do depósito sedimentar, levando a uma consequente indefinição de seus refletores subsuperficiais.

Stevenson *et al.* (2002) revelaram que a atenuação do sinal sísmico em sedimentos marinhos é proporcional ao seu teor de cascalho, devido ao seu mal selecionamento, à grande variedade no tamanho dos poros e à presença de clastos grandes o suficiente para atuar como pontos de espalhamento do pulso acústico. Analisando os teores de cascalho dos grupos sedimentares na a seus registros acústicos: uma

, observamos que as únicas porcentagens significativas estão associadas aos grupos *G1* e *G5*, os quais representam as regiões principais de ocorrência dos ecocaráteres *A1* e *A2*. Há de se ressaltar também que a perda fracional de energia (amplitude) da onda sísmica devido à atenuação limita a resolução dos refletores sísmicos, sendo este efeito intensificado quando estão presentes sedimentos cascalhosos carbonáticos (MORTON, 1975); RICHARDSON *et al.*, 1997; STEVENSON *et al.*, 2002). Esta tabela revela que

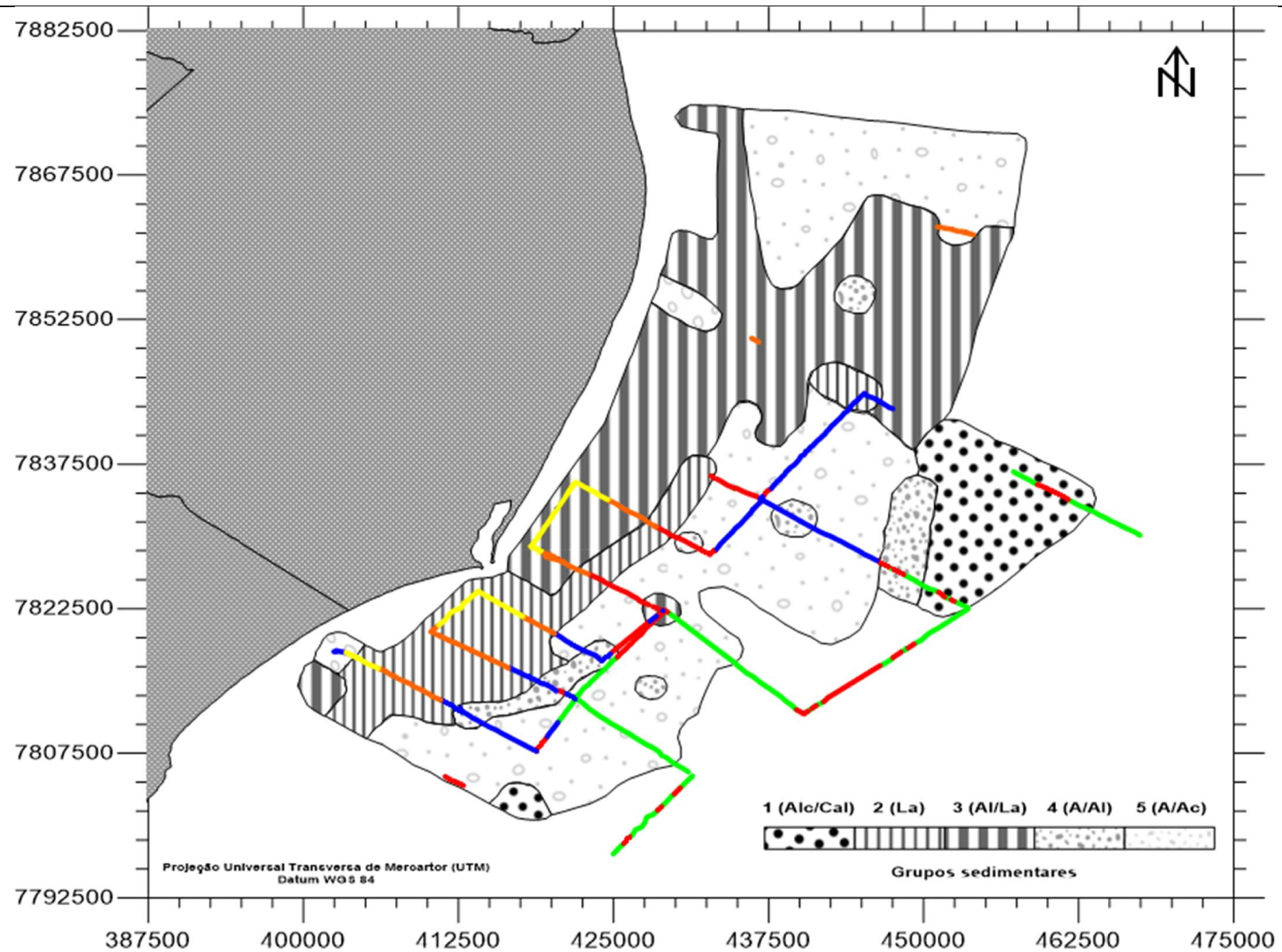


Figura 7: Sobreposição dos cinco ecocarateres (A1 – Verde; A2 – Vermelho; B – Azul; C1 – Laranja; C2 – Amarelo) sobre as regiões dos cinco grupos sedimentares (texturas predominantes entre parênteses – FOLK, 1954). Interpolação manual dos 100 pontos amostrais.

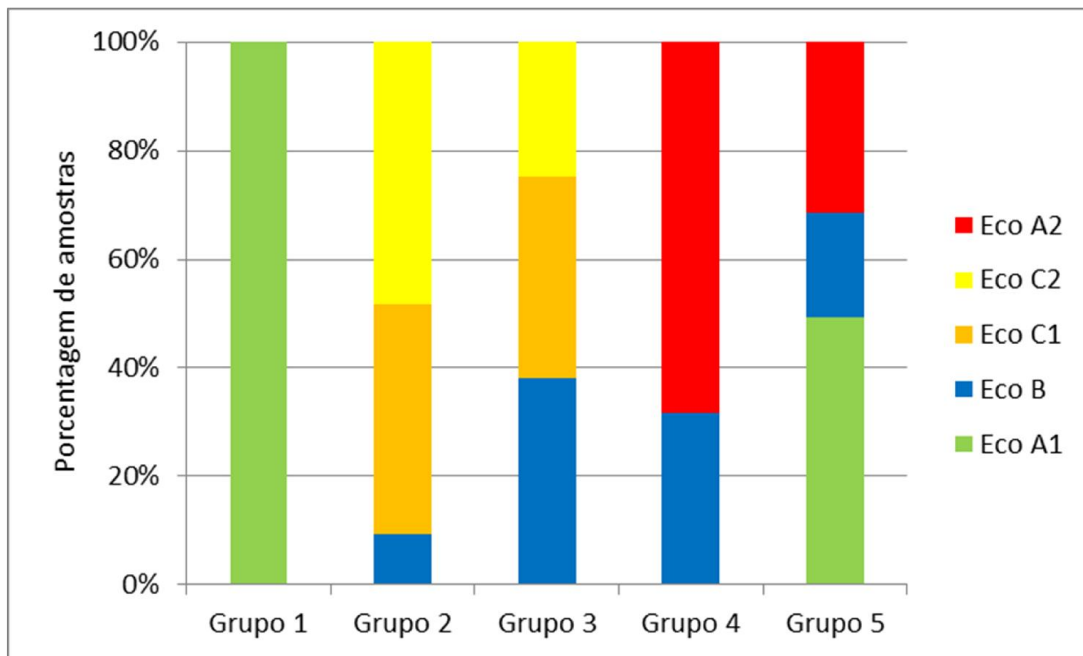


Figura 8: Associação entre os cinco ecocaráteres e grupos sedimentares, revelada através da porcentagem de amostras de sedimentos superficiais coincidentes ao padrão acústico e à região sedimentar.

Tabela 6: Médias, desvios padrões, mínimos e máximos relativos à densidade superficial (g/cm^3) das amostras de sedimentos associadas a cada ecocaráter.

	A1	A2	B	C1	C2
Média	1,88	1,88	1,89	1,72	1,57
Desvio Padrão	0,27	0,10	0,31	0,35	0,23
Mínimo	1,33	1,74	1,38	1,43	1,39
Máximo	2,21	2,00	2,43	2,25	1,89

estes grupos apresentaram as porcentagens de CaCO_3 mais significativas, com destaque para o G1. Ayres Neto *et al.* (2009) encontraram um ecocaráter semelhante, também em região de plataforma externa, associado a sedimentos arenosos com biodetritos, os quais seriam responsáveis pela descontinuidade lateral de refletores sísmicos, outra característica associada ao Eco A2.

Além dos ecocaráteres A1 e A2 estarem associados aos ambientes com os menores teores de lama, estes também ocorrem nas regiões mais profundas (21 a 65 m.) e distantes da desembocadura (Figura 2). Estas características nos permitem associar a sua presença a um indicativo das áreas com a menor influência de descarga fluvial dentro da área de estudo.

Com relação aos ecocaráteres C1 e C2, foi observada uma forte associação destes com as regiões de ocorrência do G2, indicando que as suas camadas semitransparentes superficiais estariam relacionadas a depósitos lamosos (Figura 8). Essa característica do sinal sísmico na região também foi observada por Godinho (2012), que encontrou valores de densidades superficiais entre $1,07 \text{ g/cm}^3$ e $1,36 \text{ g/cm}^3$, associados a seus registros acústicos (10 KHz) com características semelhantes.

O *Eco C2* apresentou uma ocorrência relativamente maior na região do G2 do que o *Eco C1*, enquanto na área de ocorrência do G3, o segundo ecocaráter foi mais frequente (Figura 8). Os dois testemunhos coletados por Franco (2013), apresentaram localização coincidente com estes ecocaráteres, sendo que o testemunho DT01 (ao sul da desembocadura) está associado ao *Eco C2*, e o testemunho DT02 (ao norte desta) associa-se ao *Eco C1* (Figura 9). Uma característica interessante de DT01 é a presença de uma camada de lama fluida no topo do testemunho, o que não foi observado em DT02. Quanto ao teor de água e à porosidade, DT01 apresentou valores médios maiores do que DT02 (respectivamente 179% contra 46% e, 0,81 contra 0,53) além de valores médios de densidade relativamente menores ($1,27 \text{ g/cm}^3$ contra $1,68 \text{ g/cm}^3$, respectivamente). Resultados estes que corroboram tanto com a distinção de definição dos refletores dos ecocaráteres C2 e C1), quanto com os dados de densidade superficial das amostras associadas às seus locais de ocorrência (Tabela 6). Segundo a autora *op. cit.* as médias das taxas de sedimentação de DT01 (0,43 cm/ano) e DT02 (0,34 cm/ano) indicam que a deposição de sedimentos ao sul da desembocadura é mais intensa do que ao norte. Informação condizente com a indefinição de refletores do *Eco C1* e com a definição relativamente melhor do *Eco C2*.

Franco (2013) relata também que em ambos os testemunhos observa-se certo padrão de intercalação entre sedimentos finos e grossos (Figura 9). Ao longo

da planície e frente deltaica do rio Amazonas, Costa (1997) também observou este padrão vertical de granulometria alternante e o associou a um eco de caráter penetrante e com diversos refletores plano-paralelos em subsuperfície.

Ayres Neto *et al.* (2009) também encontraram (na região do talude continental, naquele caso) um padrão de eco com uma camada transparente logo abaixo da superfície do fundo, porém seguida por um forte refletor contínuo lateralmente (cujas espessura era de oito a nove metros) atuando como um embasamento acústico. Essa descrição é muito semelhante ao caso do *Eco C1*, sendo que neste caso, este refletor mais intenso encontra-se em média a 6 m. da superfície do fundo. Entretanto, aqueles autores associam essa transparência acústica à presença de sedimentos arenosos, e no caso da área de estudo, o testemunho DT02 apresentou predomínio de sedimentos arenosos apenas nos seus primeiros 20 cm, e em profundidade este teor diminuiu drasticamente, acompanhado pelo predomínio dos sedimentos finos, principalmente silte (FRANCO, 2013). No caso do *Eco C2*, não foi possível verificar a presença de um refletor atuando como um embasamento acústico.

É possível observar que estes dois ecocaráteres, ao contrário dos ecocaráteres A1 e A2, localizam-se nas áreas mais rasas (10 a 30 m.) e com os maiores teores de lama, além de estarem mais próximos da desembocadura (Figura 2). Desta forma, os ecocaráteres C1 e C2 indicam as áreas preferenciais de deposição fluvial dentro da área de estudo. Há de se destacar também que o primeiro eco pode ser considerado um indicador das áreas com deposição relativamente mais irregular e/ou onde não é observada a ressuspensão frequente dos sedimentos, em função da sua profundidade de ocorrência e de sua distância com relação à desembocadura do rio. Enquanto o *Eco C2* ocorreu em áreas sujeitas a uma sedimentação mais regular e/ou com uma frequência maior. A distinção é corroborada pelos dados de densidade superficial (Tabela 6), os quais mostram que de uma maneira geral, os depósitos superficiais relativos ao *Eco C1* são relativamente mais densos ($1,71 \text{ g/cm}^3$ contra $1,56 \text{ g/cm}^3$).

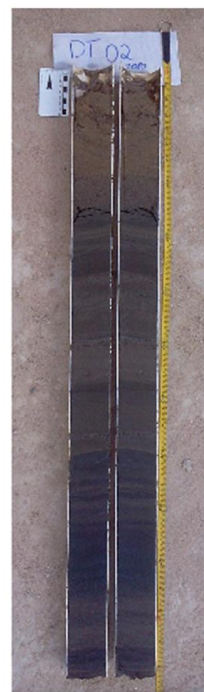
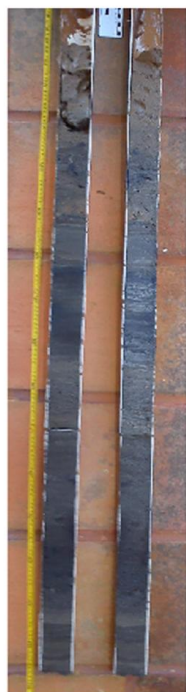
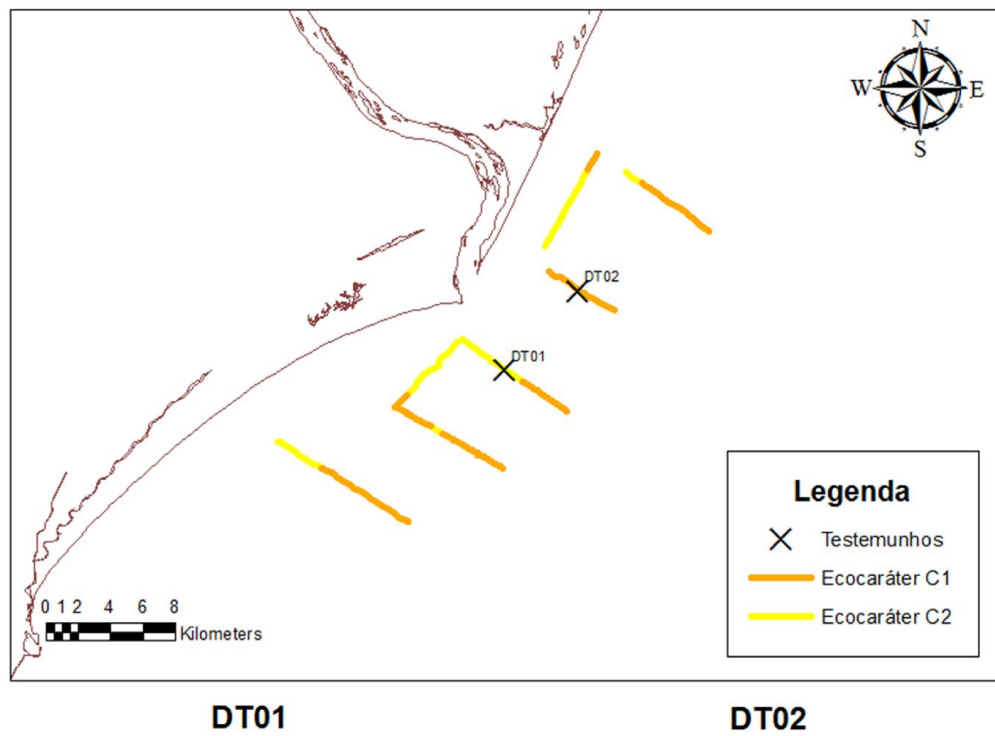


Figura 9: Localização dos testemunhos DT01 e DT02 na área de estudo, e fotografia (com escala) dos testemunhos abertos em laboratório (Modificado de FRANCO, 2013).

As características do *Eco B* são bem semelhantes ao eco com caráter penetrante e refletores de subsuperfície encontrado por Costa (1997), também associado a sedimentos finos, cuja localização foi associada à área de influência da sedimentação moderna do rio Amazonas. Este eco só não foi observado nas áreas associadas ao G1 (Figura 7 e Figura 8), e em todas as suas regiões de ocorrência, foi observada uma proporção considerável de amostras cuja granulometria predominante (diâmetro médio do grão) é de sedimentos finos, variando desde silte grosso à areia fina (Figura 6). O padrão com uma sequência de refletores definidos, subparalelos entre si e ao fundo marinho foi também observado por Ayres Neto *et al.* (2009), o associando à uma área de sedimentação essencialmente lamosa, com ausência de eventos de erosão ou movimentação de sedimentos. Costa (1997) e Godinho (2012) encontraram registros de gás associados à ecocaráteres com essas características, sendo que esta última autora estudou um trecho da plataforma continental interna adjacente à foz do rio Doce e seus registros ocorreram em regiões próximas e/ou coincidentes com os locais de ocorrência do *Eco B*, e também associados à granulometrias variando desde areia muito fina à lama. De uma maneira geral, a partir de uma análise superficial dos sedimentos da área de estudo, esta característica do sinal acústico parece estar associada a áreas com o predomínio de sedimentos mal selecionados, com teor de lama superior a 11% e de cascalho inferior a 1%, com profundidade mínima e máxima entre 13 m. e 43 m., respectivamente.

Caburlotto *et al.* (2006) verificaram que a presença de refletores visíveis abaixo do fundo marinho está associada a sedimentos finos, geralmente compactados. Devido à ausência de informações sedimentares subsuperficiais, não foi possível associar as características sedimentares dos depósitos abaixo do fundo marinho aos refletores do *Eco B*. Entretanto, como esta associação já foi observada no caso dos ecocaráteres C1 e C2, e como o *Eco B* apresenta um nível de definição de seus refletores ainda melhor, acredita-se que essa associação também possa ser considerada. Há de se destacar também os maiores valores médio e máximo de densidade superficial dos sedimentos (respectivamente, 1,89 g/cm³ e 2,43 g/cm³) associados ao *Eco B* (Tabela 6).

4.1 Ecocaráteres & Processos Sedimentares

A localização simultânea dos ecocaráteres e dos grupos sedimentares observados foi utilizada para indicar domínios que se encontram sob a ação de distintos processos sedimentares.

4.1.1 COSTEIRO/FLUVIAL

Este ambiente de sedimentação é demarcado pelos ecocaráteres B, C1 e C2 juntamente com as amostras sedimentares cuja localização geográfica coincidiu com estes ecos. De maneira que apenas as amostras relativas ao G1 não contribuíram para a demarcação deste domínio sedimentar. Abrange desde a plataforma continental mais interna ao norte e ao sul da desembocadura (a partir dos 10 m.), até a isóbata de 50 m. (Figura 10).

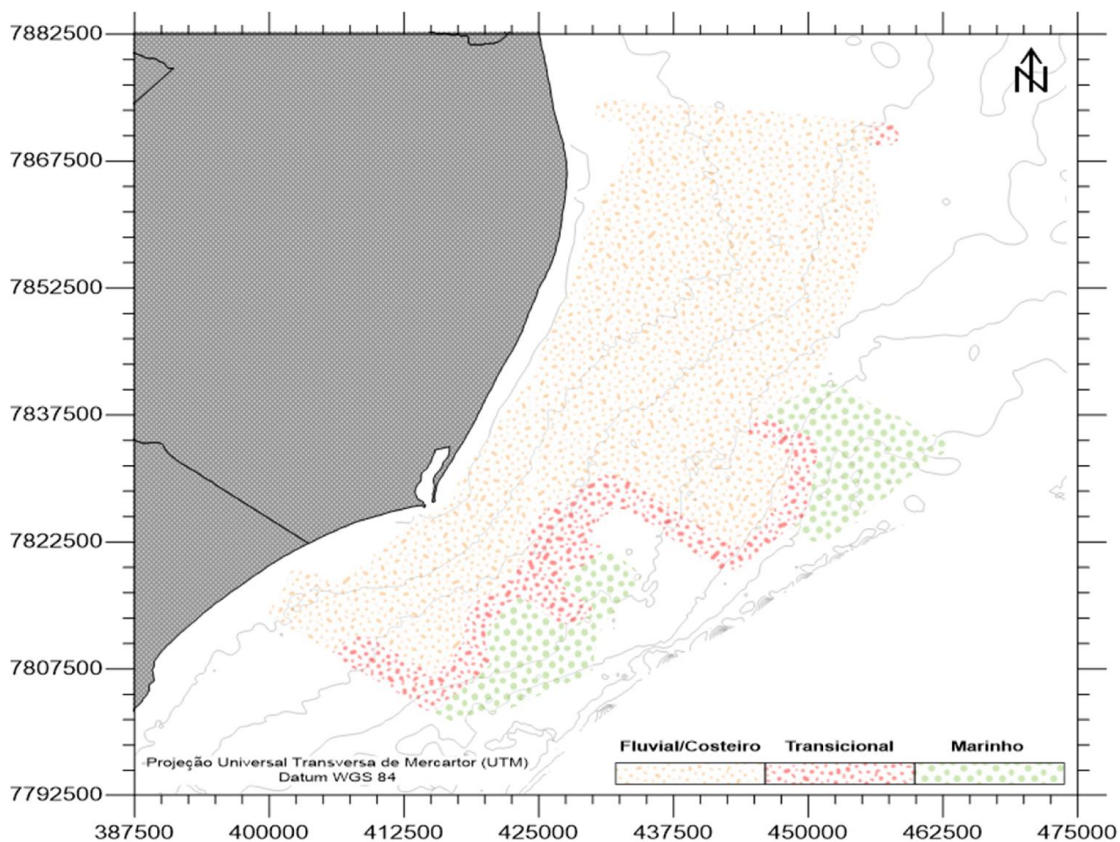


Figura 10: Os três domínios sedimentares associados aos ecocaráteres e aos grupos sedimentares. Interpolação manual dos 100 pontos amostrais.

Uma região de destaque é aquela demarcada pela presença dos ecocaráteres C1 e C2 e dos grupos G2 e G3, ao norte e ao sul da desembocadura, até aproximadamente a isóbata de 30 m. (Figura 10). Segundo Albino (1999) esta profundidade representa um limite a partir do qual o regime de ondas predominantes começa a interagir com o fundo marinho. A análise da Figura 2 revela que esta também é a profundidade máxima de ocorrência daqueles ecocaráteres.

Através da distribuição de material particulado em suspensão (MPS), Summerhayes *et al.* (1976) verificaram a dispersão da pluma do rio Doce tanto ao norte quanto ao sul de sua desembocadura. Os maiores teores de MPS da pluma mantinham-se associados à plataforma continental interna, mesmo com a passagem do verão para o outono, sendo observada apenas uma diminuição em sua concentração. Martins & Coutinho (1981) ainda relataram que os sedimentos terrígenos fornecidos pelo rio Doce ficam restritos à plataforma continental interna, sendo distribuídos lateralmente por ondas e correntes. Mais recentemente, Dominguez & Wanless (1991 - a partir de indicadores geológicos) e Bittencourt *et al.* (2007b - através de modelagem numérica) revelaram que o padrão de dispersão de sedimentos atual causado por ondas na linha de costa da planície deltaica do rio Doce representa uma divergência a partir de sua desembocadura; ou seja, uma deriva litorânea líquida para norte e outra para sul, condizente com a distribuição dos ecocaráteres e grupos sedimentares supracitados.

Da Rocha *et al.* (1975) caracterizaram a atual região de ocorrência de G2 e G3 como sendo constituída por depósitos lamosos, terrígenos, pró-deltaicos, provavelmente modernos. Informação condizente com suas amostras predominantemente lamo-arenosas a areno-lamosas e com teores de CaCO_3 alcançando no máximo 18%. Analisando a Figura 11 é possível observar que existe uma faixa de densidades altas a intermediárias próximas à isóbata de 30 m., com orientação aproximadamente nordeste. Devido à sua profundidade, estes depósitos sedimentares somente são afetados por ondulações que apresentam comprimento de onda e período grandes o suficiente para promover a sua mobilização. A baixa frequência com que essas ondas

mobilizam o fundo (ALBINO, 1999) propiciaria uma eficiência ainda maior na consolidação destes depósitos. Esta faixa é interrompida por um depósito com densidades superficiais entre $1,35 \text{ g/cm}^3$ e $1,65 \text{ g/cm}^3$, na região próxima à desembocadura (Figura 11). Uma faixa de sedimentos pouco consolidados é observada também ao norte da desembocadura, de forma que a permanência destes depósitos em regiões sob a ação constante das ondas indica um aporte significativo e constante destes sedimentos finos. Tais depósitos apresentam localização coincidente com a abrangência espacial da pluma do rio Doce, conforme os padrões de dispersão relatados por Campos (2011), Zoffoli *et al.* (2011) e Oliveira *et al.* (2012).

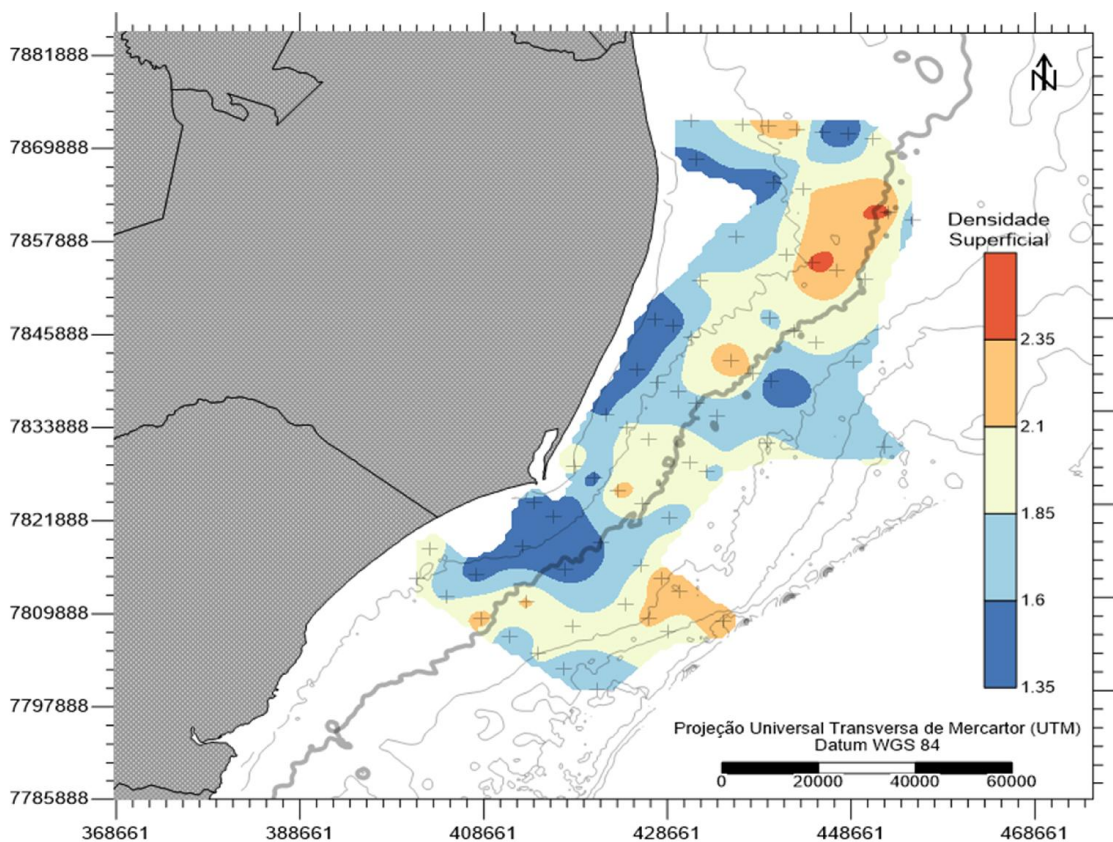


Figura 11: Densidade superficial do fundo marinho. Interpolação pelo método "kriging" (68 pontos amostrais).

Campos (2011) observou uma circulação ciclônica (semelhante a um vórtice) cerca de 5 a 10 Km ao sul da desembocadura (profundidades superiores a 15 m.), sob condições de vazão baixa (média de $379 \text{ m}^3/\text{s}$) e ventos NO/N

constantes. A ocorrência destas feições indica uma tendência de concentração preferencial do MPS em sua região central, o que contribuiria para processos de deposição dos sedimentos. Indicações condizentes com a localização tanto de um depósito de baixa consolidação (Figura 11), quanto do *Eco C2* (Figura 7). O autor *op. cit.* observou deslocamentos frequentes da pluma de turbidez para o norte da desembocadura em condições de ventos fracos, até mesmo quando as vazões do rio eram classificadas como intermediárias e/ou altas, e associou a ocorrência deste processo ao Efeito de Coriolis. Estes padrões de dispersão corroboram com a presença de G2 e G3 ao longo desta região (Figura 7). O fato do G3 ocorrer majoritariamente ao norte da foz permite associar também a sua localização a um outro tipo de padrão de dispersão da pluma do rio Doce, encontrado por Campos (2011); sendo este no sentido norte, com pequena ou nenhuma contribuição para o sul, o qual se mostrou dependente de vazões médias e ventos S/SE fortes e constantes por vários dias para ocorrer. A reduzida frequência com que este padrão de dispersão foi observada por este autor e a taxa de sedimentação relativamente menor associada ao G3 (quando comparada àquela associada ao G2, conforme os testemunhos DT02 e DT01, respectivamente - FRANCO, 2013), associam este depósito a uma condição de suprimento sedimentar menos significativo.

Dois locais dentro da área de estudo, cujas profundidades são superiores a 30 m., demarcados pela ocorrência do *Eco B*, recebem aporte sedimentar do rio doce em períodos de condições ambientais extremas: no limite sul, entre as isóbatas de 30 e 40 m., e no limite norte, ocorrendo entre 35 e 50 m. de profundidade (Figura 10). Em um período de alta vazão do rio Doce, Summerhayes *et al.* (1976) verificaram um padrão de dispersão da pluma de turbidez tanto para o norte quanto para o sul de sua desembocadura, abrangendo estas duas regiões citadas, com valores relativamente altos de MPS. Campos (2011), Zoffoli *et al.* (2011) e Oliveira *et al.* (2012) observaram um distanciamento considerável da pluma no sentido *offshore*, a partir da desembocadura. Os autores *op. cit.* associaram este comportamento ao Transporte de Ekman, estando o processo governado pela orientação da linha de costa, pela própria vazão do rio, e pela presença de ventos alísios NE fortes e constantes. Em uma condição extrema, essa combinação seria capaz de

transportar os sedimentos fluviais até a região de quebra da plataforma continental adjacente à desembocadura. (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Evento semelhante também foi registrado por Summerhayes *et al.* (1976), embora estes autores não explicassem o processo responsável por tal transporte. Desta forma, os altos valores de densidade superficial do *Eco B* indicam que ele se encontra associado a depósitos com elevado grau de consolidação. E pela distância a partir da desembocadura e pela profundidade (ambas relativamente altas) em que estes depósitos são observados, acreditasse que estes locais sejam regiões de deposição daqueles sedimentos carreados pela pluma fluvial e/ou submetidos a processos de mobilização e ressuspensão.

4.1.2 TRANSICIONAL

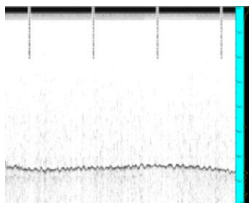
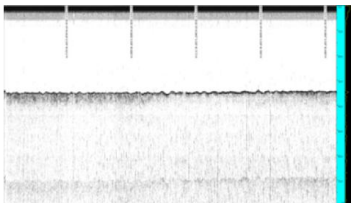
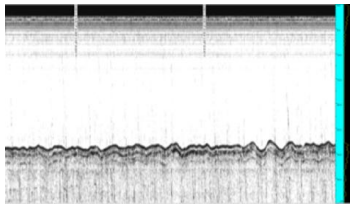
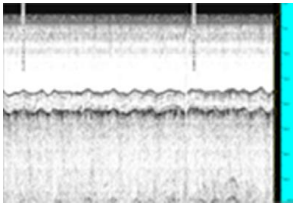
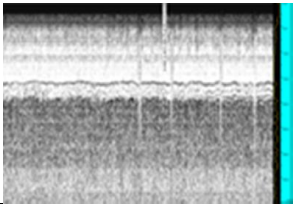
Compreende a região de ocorrência do *Eco A2*, principalmente na região central da área de estudo (entre as isóbatas de 25 e 35 m.) e em seu limite *offshore* (entre 55 e 80 m.). Sua demarcação também esteve associada a amostras dos grupos *G4* e *G5* (Figura 10). A região mais rasa estaria relacionada a um ambiente de transição entre o aporte fluvial e a sedimentação marinha, conforme a diferença entre os grupos 4 e 5, em termos de porcentagem de CaCO_3 , de cascalho e, de lama. A região mais profunda corresponderia a região da plataforma continental intermediária e externa indicada por Da Rocha *et al.* (1975) como estando dominada por areias carbonáticas.

4.1.3 MARINHO

Esta é uma região compreendida entre 35 e 80 m., e foi demarcada pelo *Eco A1* e por amostras dos grupos *G1* e *G5* (Figura 10). Esta delimitação ocorreu em função destes locais apresentaram as porcentagens mais significativas de CaCO_3 e de cascalhos, associadas a um característico mal selecionamento dos grãos, fortes indicativos de sedimentação biogênica.

Na Tabela 7 são listados os processos sedimentares, bem como seus domínios, ambos associados aos ecocaráteres encontrados neste estudo.

Tabela 7: Domínios e processos sedimentares associados aos ecocaráteres. DSM – Densidade Superficial Média.

Ecocaráter	Características Sedimentares do fundo marinho	Profundidades de ocorrências (m)	Processos Sedimentares	Domínio	Exemplo
A1	Arenoso a areno-cascalho-lamoso. DSM = 1,88	35-80	Sedimentação biogênica	Marinho	
A2	Arenoso. DSM = 1,87	25-35 e 55-80	Sedimentação mista (terrígena e biogênica)	Transicional	
B	Areno lamo-cascalhoso. DSM = 1,89	30-50	Sedimentação terrígena em condições ambientais extremas (vazão, ventos, etc.)	Fluvial/Costeiro	
C1	Lamo-arenoso a areno-lamoso. DSM = 1,71	10-30	Sedimentação terrígena irregular (associada a frentes frias, por exemplo)	Fluvial/Costeiro	
C2	Lamo-arenoso a areno-lamoso. DSM = 1,56	10-20	Sedimentação terrígena regular (refletindo constante aporte de sedimentos)	Fluvial/Costeiro	

5. CONCLUSÕES

Os ecocaráteres encontrados permitiram identificar três domínios sedimentares ao longo da área de estudo: fluvial/costeiro, transicional e marinho.

O domínio fluvial/costeiro foi associado aos ecocaráteres C1 e C2, correspondendo a depósitos lamo-arenosos a areno lamosos. Àquele indicado pelo *Eco C2* está submetido á uma sedimentação terrígena regular, refletindo um aporte constante e menor consolidação dos sedimentos. Enquanto o *Eco C1* indicou regiões com níveis relativamente maiores de consolidação do fundo, cujo processo sedimentar foi considerado irregular, com deposição associada a entrada de frentes frias, por exemplo.

O *Eco B* também indicou o domínio fluvial/costeiro, estando associado a um fundo marinho composto principalmente por areia lamo-cascalhosa, com os maiores níveis de consolidação. Seu processo de sedimentação terrígena está relacionado a condições ambientais extremas, incluindo alta vazão do rio juntamente com a atuação conjunta de ventos N/NE fortes e constantes.

Já o *Eco A2* indicou uma região transicional, associada a um fundo essencialmente arenoso, que refletiram processos de sedimentação tanto terrígenos, quanto biogênicos.

O *Eco A1* revelou a presença de locais com domínio exclusivamente marinho, associados a processos de sedimentação biogênica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBINO, J. **PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO ATUAL E MORFODINÂMICA DAS PRAIAS DE BICANGA A POVOAÇÃO, ES.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade de São Paulo. 182 p. 1999.
2. AMOS, C. L.; SUTHERLAND, T. A RAPID TECHNIQUE FOR THE DETERMINATION OF DRY SEDIMENT MASS FROM SATURATED MARINE SANDS. **Journal of Sedimentary Research**, v. 64, n. 3, p. 668–670, 1994.
3. **ANA - Agência Nacional das Águas.** Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 22 maio. 2014.
4. AYRES NETO, A. Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 3, p. 241–256, 2000.
5. AYRES NETO, A.; FALCÃO, L. C.; AMARAL, P. J. T. CARACTERIZAÇÃO DE ECOFÁCIES NA MARGEM CONTINENTAL NORTE BRASILEIRA – ESTADO DO CONHECIMENTO. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 1, p. 97–106, 2009.
6. BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, C. G.; DIAS, G. T. DE M.; FONSECA, E. M. DA. DISTRIBUIÇÃO SEDIMENTAR DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS ATRAVÉS DE SÍSMICA DE ALTA RESOLUÇÃO. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 187–195, 2011.
7. BARNES, P. M. Mid-bathyal current scours and sediment drifts adjacent to the Hikurangi deep-sea turbidite channel, eastern New Zealand: Evidence from echo character mapping. **Marine Geology**, v. 106, p. 169–187, 1992.
8. BELO, W. C.; DIAS, G. T. M.; DIAS, M. S. O FUNDO MARINHO DA BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ: O RELEVO SUBMARINO E A SEDIMENTAÇÃO NO CANAL CENTRAL. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, n. 1, p. 5–15, 2002.

9. BITTENCOURT, A. C. DA S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FONTES, L. C. S.; *et al.* Wave Refraction, River Damming, and Episodes of Severe Shoreline Erosion: The São Francisco River Mouth, Northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 23, n. 4, p. 930–938, 2007.
10. BITTENCOURT, A. C. DA S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; SILVA, I. R.; DE-MEDEIROS, K. O. P. Past and current sediment dispersion pattern estimates through numerical modeling of wave climate: an example of the Holocene delta of the Doce River, Espírito Santo, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 2, p. 333–41, 2007.
11. BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, n. 11, p. 1237–1248, 2001.
12. BOURGUIGNON, S. N. **INFLUÊNCIA DO REGIME DE SEDIMENTAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE HABITATS MARINHOS AO LONGO DA PLATAFORMA CONTINENTAL CENTRO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**. ARACRUZ: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. 2013.
13. CABURLOTTO, A.; DE SANTIS, L.; ZANOLLA, C.; CAMERLENGHI, A.; DIX, J. K. New insights into Quaternary glacial dynamic changes on the George V Land continental margin (East Antarctica). **Quaternary Science Reviews**, v. 25, n. 21-22, p. 3029–3049, 2006.
14. CAMPOS, A. P. M. **Análise da variabilidade espacial e temporal da pluma do Rio Doce (ES) através de sensoriamento remoto** Vitória, Brasil. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 137 p. 2011.
15. CATANZARO, L. F.; BAPTISTA NETO, J. A.; GUIMARÃES, M. S. D.; SILVA, C. G. DISTINCTIVE SEDIMENTARY PROCESSES IN GUANABARA BAY – SE/BRAZIL, BASED ON THE ANALYSIS OF

- ECHO-CHARACTER (7.0 kHz). **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 1, p. 69–83, 2004.
16. CHIU, J.-K.; LIU, C.-S. Comparison of sedimentary processes on adjacent passive and active continental margins offshore of SW Taiwan based on echo character studies. **Basin Research**, v. 20, n. 4, p. 503–518, 2008.
17. COELHO, A. L. N. **ALTERAÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS NO MÉDIO-BAIXO RIO DOCE / ES**. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Departamento de Geografia. Universidade Federal Fluminense. 247 p.. 2007.
18. COSTA, E. A. **Caracterização de Ecofácies e Processos Sedimentares da Plataforma Continental Amazônica**, 1997. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Departamento de Geologia. Universidade Federal Fluminense. 180 p.
19. CUPOLILLO, F. **DIAGNÓSTICO HIDROCLIMATOLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE**. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. 156 p. 2008.
20. DAMUTH, J. E. ECHO CHARACTER OF THE WESTERN EQUATORIAL ATLANTIC FLOOR AND ITS RELATIONSHIP TO THE DISPERSAL AND DISTRIBUTION OF TERRIGENOUS SEDIMENTS. **Marine Geology**, v. 18, p. 17–45, 1975.
21. DAMUTH, J. E. ECHO CHARACTER OF THE NORWEGIAN-GREENLAND SEA: RELATIONSHIP TO QUATERNARY SEDIMENTATION. **Marine Geology**, v. 28, p. 1–36, 1978.
22. DAMUTH, J. E.; HAYES, D. E. ECHO CHARACTER OF THE EAST BRAZILIAN CONTINENTAL MARGIN AND ITS RELATIONSHIP TO SEDIMENTARY PROCESSES. **Marine Geology**, v. 24, p. 73–95, 1977.
23. DAMUTH, J. E.; JACOBI, R. D.; HAYES, D. E. Sedimentation processes in the Northwest Pacific Basin revealed by echo-character mapping

- studies. **Geological Society of America Bulletin**, v. 94, n. March, p. 381–395, 1983.
24. DOMINGUEZ, J. M. L. The Coastal Zone of Brazil: an Overview. **Journal of Coastal Research**, v. 2004, n. 39, p. 16–20, 2006.
25. DOMINGUEZ, J. M. L.; WANLESS, H. Facies architecture of a falling sea-level strandplain, Doce River coast, Brazil. **International Association of Sedimentologists**, v. SP, n. 14, p. 259–282, 1991.
26. DOMZIG, A.; GAULLIER, V.; GIRESE, P.; *et al.* Deposition processes from echo-character mapping along the western Algerian margin (Oran–Tenes), Western Mediterranean. **Marine and Petroleum Geology**, v. 26, p. 673–694, 2009.
27. FOLK, R. L. THE DISTINCTION BETWEEN GRAIN SIZE AND MINERAL COMPOSITION IN SEDIMENTARY-ROCK NOMENCLATURE. **The Journal of Geology**, v. 62, n. 4, p. 344–359, 1954.
28. FRANCO, T. **UTILIZAÇÃO DE PROXIES GEOQUÍMICOS PARA ANÁLISE DOS PADRÕES DE SEDIMENTAÇÃO NA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE A FOZ DO RIO DOCE (ES)**. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 74 p.. 2013.
29. GARCÍA-GARCÍA, A.; GARCÍA-GIL, S.; VILAS, F. Echo characters and recent sedimentary processes as indicated by high-resolution sub-bottom profiling in Ría de Vigo (NW Spain). **Geo-Marine Letters**, v. 24, n. 1, p. 32–45, 2004.
30. GODINHO, E. **INTERPRETAÇÃO DO SINAL ACÚSTICO DE FUNDOS LAMOSOS EM AMBIENTES DEPOSICIONAIS DISTINTOS: ESTUÁRIO DA BAÍA DE VITÓRIA E PLATAFORMA INTERNA ADJACENTE A FOZ DO RIO DOCE**. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 72 p., 2012.

31. GROSS, M. G. Carbon Determination. In: R. E. Carver (Ed.); **Procedures in Sedimentary Petrology**. New York: Willey Interscience. p.573–596, 1971.
32. GROSSMANN, G. S. **PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS SÍSMICOS DE PARASOUND NO DELTA SUBMARINO DO AMAZONAS**. Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. 102 p., 2002.
33. INGRAN, R. L. Sieve Analysis. In: R. E. Carver (Ed.); **Procedures in Sedimentary Petrology**. p.49–67, 1971. New York: Willey Interscience.
34. JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. New York: Springer, 1986.
35. KLAUS, A.; LEDBETTER, M. T. Deep-sea sedimentary processes in the Argentine Basin revealed by high-resolution seismic records (3.5 kHz echograms). **Deep-Sea Research**, v. 35, n. 6, p. 899–917, 1988.
36. KOVACH, C. S. **MVSP - MultiVariate Statistical Package**. Pentraeth, Wales, U.K.: Kovach Computing Services. 2007.
37. LANDIM, P. M. B. **Análise estatística espacial de dados geológicos multivariados**. Rio Claro, SP, 2006.
38. LEWIS, D. W.; MCCONCHIE, D. **Practical Sedimentology**. 2nd ed. New York, London: Chapman & Hall, 1994.
39. MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. DA S. P. Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the central Brazilian coast: consequences on coastal plain construction. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 3, p. 301–354, 1996.
40. MARTINS, L. R.; COUTINHO, P. N. The Brazilian Continental Margin. **Earth-Science Reviews**, v. 17, p. 87–107, 1981.
41. MEHTA, A. J.; HAYTER, E. J.; PARKER, W. R.; KRONE, R. B.; TEETER, A. M. COHESIVE SEDIMENT TRANSPORT I: PROCESS

- DESCRIPTION. **Journal of Hydraulic ...**, v. 115, n. 8, p. 1076–1093, 1989.
42. MORTON, R. W. SOUND VELOCITY IN CARBONATE SEDIMENTS FROM THE WHITING BASIN, PUERTO RICO. **Marine Geology**, v. 19, p. 1–17, 1975.
43. MULLINS, H.; BOARDMAN, M.; NEUMANN, A. ECHO CHARACTER OF OFF-PLATFORM CARBONATES. **Marine Geology**, v. 32, p. 251–268, 1979.
44. OLIVEIRA, E. N. DE; KNOPPERS, B. A.; LORENZZETTI, J. A.; *et al.* A SATELLITE VIEW OF RIVERINE TURBIDITY PLUMES ON THE NE-E BRAZILIAN COASTAL ZONE. **Brazilian Journal of Oceanography**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. v. 60, n. 3, p. 283–298, 2012.
45. PRATSON, L. F.; LAINE, E. P. The relative importance of gravity-induced versus current-controlled sedimentation during the Quaternary along the Mideast U.S. outer continental margin revealed by 3.5 kHz echo character. **Marine Geology**, v. 89, n. 1-2, p. 87–126, 1989.
46. QUARESMA, V. DA S.; DIAS, G. T. M.; BAPTISTA NETO, J. A. CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE PADRÕES DE SONAR DE VARREDURA LATERAL E SÍSMICA DE ALTA FREQUÊNCIA (3,5 e 7,0 KHz) NA PORÇÃO SUL DA BAÍA DE GUANABARA - RJ. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 2, p. 201–214, 2000.
47. RICHARDSON, M. D.; LAVOIE, D. L.; BRIGGS, K. B. Geoacoustic and physical properties of carbonate sediments of the Lower Florida Keys. **Geo-Marine Letters**, v. 17, n. 4, p. 316–324, 1997.
48. DA ROCHA, J.; MILLIMAN, J. D.; SANTANA, C. I.; VICALVI, M. A. Continental margin sedimentation off Brazil, part 5: southern Brazil. **Contr. Sedimentol.**, v. 4, p. 117–150, 1975.
49. SILVA, A. E. DA. **CARACTERIZAÇÃO MORFOSEDIMENTAR E SETORIZAÇÃO DO SISTEMA ESTUARINO DOS RIOS PIRAQUÊ-AÇU E PIRAQUÊ-MIRIM E DA PLATAFORMA CONTINENTAL**

- INTERNA ADJACENTE, ARACRUZ - ES.** Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 82 p., 2012.
50. STEVENSON, I. R.; MCCANN, C.; RUNCIMAN, P. B. An attenuation-based sediment classification technique using chirp sub-bottom profiler data and laboratory acoustic analysis. **Marine Geophysical Researches**, v. 23, p. 277–298, 2002.
51. SUMMERHAYES, C. P.; MELO, U. DE; BARRETTO, H. T. THE INFLUENCE OF UPWELLING ON SUSPENDED MATTER AND SHELF SEDIMENTS OFF SOUTHEASTERN BRAZIL. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 46, n. 4, p. 819–828, 1976.
52. VALENTIM, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.
53. VERONEZ JR., P.; BASTOS, A. C.; PIZZIN, B. F.; *et al.* SONAR DE VARREDURA LATERAL E SÍSMICA DE ALTA RESOLUÇÃO APLICADOS NO ESTUDO DE ECOFÁCIES NA BAÍA DE VITÓRIA – ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 3, p. 411–425, 2009.
54. VIEIRA, C. V.; HORN FILHO, N. O.; BONETTI, C. V. D. H. C.; BONETTI, J. CARACTERIZAÇÃO MORFOSEDIMENTAR E SETORIZAÇÃO DO COMPLEXO ESTUARINO DA BAÍA DA BABITONGA/SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 62-63, p. 85–105, 2008.
55. WHITEHOUSE, R.; SOLSBY, R.; ROBERTS, W.; MITCHENER, H. **Dynamics of estuarine muds**. London: Thomas Telford Publishing, 2000.
56. YU, H.; LIU, C.; LEE, J. THE KAOHSIUNG SUBMARINE CANYON: A MODERN ABORTED CANYON AND ITS MORPHOLOGY AND ECHO CHARACTER. **Acta Oceanographica Taiwanica**, v. 28, p. 19–30, 1992.
57. YU, H.; SONG, G. Sedimentary features of shelf north of Taiwan revealed by 3.5 kHz echo character. **Acta Oceanographica Taiwanica**, v. 35, n. 2, p. 105–114, 1996.

58. ZOFFOLI, M. L.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Caracterização da pluma de sedimentos do rio Doce (ES) utilizando dados TM – Landsat 5. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Curitiba, PR, Brasil: INPE, p.5025–5031, 2011.